OM
GASERS UTSTRÖMNING
GENOM
KAPILLÄRRÖR VID LÅGA TRYCK

AKADEMISK AFHANDLING

AF

GULLI ROSSANDER

UPPSALA 1900
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

11555.

OM

GASERS UTSTRÖMNING

GENOM

KAPILLÄRRÖR VID LÅGA TRYCK

AKADEMISK AFHANDLING

SOM MED TILLSTÅND AF

VIDTBERÖMDA FILOSOFISKA FAKULTETENS I UPSALA

MATEMATISKT-NATURVETENSKAPLIGA SEKTION

FÖR FILOSOFISK DOKTORSGRADS ERHÅLLANDE

TILL OFFENTLIG GRANSKNING FRAMSTÄLLES

Å FYSISKA LÄROSALEN

LÖRDAGEN DEN 8 DEC. 1900 KL. 10 F. M.

AF

GULLI ROSSANDER

FILOSOFIE LICENTIAT AF STOCKHOLMS NATION

UPPSALA 1900

ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548928_0115

Inledning.

De första bestämningarna öfver gasers utströmning genom kapillärrör företogos af GRAHAM[1]. Han införde benämningen transpiration, gasers utströmning genom rör, till skillnad från effusion, gasers utströmning genom ett hål i en tunn vägg. För transpirationen uppställde han — om rörets radie icke öfverskred en af dess längd beroende gräns — följande lagar.

1) De tider, hvarunder olika gaser under i öfrigt lika förhållanden passera genom kapillärrör, stå i konstant relation till hvarandra. (I följd häraf kunde han bestämma transpirationskoefficienten, eller gasens transpirationstid i förhållande till syrets.)

2) Vid olika längder af samma rör är transpirationstiden direkt proportionell mot längden.

3) För lika volymer luft af olika täthet, men af samma temperatur, är transpirationstiden omvändt proportionell mot tätheten.

4) Transpirationskonstanten är oberoende af rörets materia.

5) Ett ökande af temperaturen ökar transpirationstiden.

Graham ingick icke på någon teoretisk förklaring af sina undersökningar. Först flera år senare blefvo de ånyo upptagna och teoretiskt behandlade af O. E. Meyer. Vid denna

[1] GRAHAM, Phil. Transact. of the royal soc. of London 1846 p. 573 och 1849 p. 349.

tid hade Krönig[1], Clausius[2] m. fl. framkommit med och utvecklat den kinetiska gasteorien. Utgående från dess principer hade Maxwell[3] visat, att koefficienten för gasens inre friktion borde vara oberoende af trycket. Han fann själf detta resultat mycket öfverraskande, hvarför han ock anställde experiment häröfver[4]. Han valde metoden att bestämma logaritmiska dekrementet å horisontala svängande skifvor samt härur beräkna friktionskoefficienten, och fann härvid sin teori bekräftad, så långt han sträckte sin undersökning, eller mellan ett tryck af 1 till $\frac{1}{60}$ atmosfär för luft, vätgas och kolsyra. Ungefär samtidigt härmed hade O. E. Meyer[5] på en analog metod kommit till enahanda resultat. Men O. E. Meyer visade ock i en serie afhandlingar[6], att man kunde finna koefficienten för gasens inre friktion äfven genom transpirationsförsök. Han bevisade nämligen, att om man, i likhet med hvad fallet är för vätskor, får antaga, att strömningen sker parallellt med rörets axel, att således trycket i ett tvärsnitt af röret är konstant, samt att koefficienterna för gasens inre och yttre friktion äro oberoende af trycket, så blifva transpirationslagarna analoga med Poiseulles lag för vätskors utströmning. Vid stationärt tillstånd finner han nämligen

$$V_1 = \pi t \frac{p_1^2 - p_2^2}{2 p_1} \frac{R^4}{8 \eta \lambda} \left(1 + 4 \frac{\zeta}{R}\right) \qquad \text{I}$$

där V_1 är den utströmmade volymen, mätt vid trycket p_1, t tiden, p_1 och p_2 trycken å ömse sidor om röret, R radien i

---

[1] Krönig, Pogg. Ann. Bd 99 p. 315.

[2] Clausius, Pogg. Ann. Bd 100 p. 353. Bd 105 p. 239. Wied Ann. X p. 92.

[3] Maxwell, Phil. Mag. 4 ser. Vol. 19 p. 31 1860.

[4] Maxwell, Proceedings of the royal Soc. 8. Febr. 1866 Vol. 15 p. 14 Philos. Transact. 1866 Vol. 156 p. 249.

[5] O. E. Meyer, Pogg. Ann. Bd 125 p. 177, p. 401 och p. 564.

[6] O. E. Meyer, Pogg. Ann. Bd 127 p. 253 och 353 samt Bd 148 p. 1.

röret, λ dess längd, η koefficienten för den inre friktionen och ζ den s. k. glidningskoefficienten. Denna är lika med koefficienten för den inre friktionen dividerad med koefficienten för den yttre. I de fall då p_1 och p_2 icke äro konstanta, utan ändras genom strömningen, får man tänka sig, att samma ekvation gäller för en oändligt liten tid. Man får då

$$dV_1 = \pi \frac{p_1^2 - p_2^2}{2p_1} \frac{R^4}{8\eta\lambda} \left(1 + 4\frac{\zeta}{R}\right) dt.$$

Meyer utför denna integration och finner

$$\left\{\begin{array}{l} CKt = W_1 W_2 \left(\log\dfrac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2} - \log\dfrac{P_1 + P_2}{P_1 - P_2}\right) \\ C = W_1 p_1 + W_2 p_2 = W_1 P_1 + W_2 P_2 \\ K = \dfrac{\pi R^4}{8\eta\lambda}\left(1 + \dfrac{4\zeta}{R}\right) \end{array}\right\} \qquad \text{(II)}$$

W_1 och W_2 äro volymerna af gasbehållarna å ömse sidor om röret, P_1 och P_2 trycken vid tiden 0, p_1 och p_2 trycken vid tiden t.

Han tillämpade nu dessa ekvationer eller ekvation I i de fall Graham användt, införde de af de olika försöken betingade villkoren, och fann, att Grahams lagar låta förklara sig ur den uppställda teorien. Sedermera anställde Meyer[1] tillsammans med Springmühl nya transpirationsförsök, ur hvilka han visade, att man är berättigad att anse glidningen = 0. Härvid är dock att märka, att medeltrycken vid hans experiment icke understego $\frac{1}{2}$ atmosfär. Han bestämde friktionskoefficienterna för luft, vätgas, syre och kolsyra och företog äfven en undersökning öfver friktionskoefficientens beroende af temperaturen. För att utreda denna fråga och ytterligare bestämma friktionskoefficienten för åtskilliga gaser, hafva transpirationsbestäm-

[1] Meyer, Pogg. Ann. Bd 148 p. 1, p. 203 och p. 526.

ningar gjorts af PULUJ[1], v. OBERMAYER[2], E. WIEDEMANN[3], BARUS[4], HOLMAN[5] och BREITENBACH[6]. Alla dessa försök hafva anställts vid tämligen höga medeltryck, och vid samtliga dessa undersökningar har glidningen antagits vara = 0. Nu hafva emellertid KUNDT och WARBURG[7] vid ett upprepande af Maxwells försök funnit, att om detta utsträcktes till tryck lägre än $\frac{1}{60}$ atmosfär, började det logaritmiska dekrementet aftaga. De ansågo detta bero på, att man vid så låga tryck ej har rättighet att försumma glidningen, och visade dels teoretiskt, dels genom sitt experiment, att glidningen är omvändt proportionell mot trycket. Minskas trycket, ökar sålunda glidningen, och — ehuru det visserligen varit berättigadt att försumma den vid relativt höga tryck — gör den sig dock gällande vid låga. I en senare afhandling sökte WARBURG[8] bestämma glidningen genom strömningsförsök. Han påpekade då, att O. E. Meyers teori härför ej mera kan anses tillförlitlig, då såsom förut blifvit omnämndt, Meyer vid sina beräkningar utgått ifrån den åsikten, att ej blott η utan äfven ζ skulle vara oberoende af trycket. Han anser dock, att man kan använda Meyers formler för beräkning af μ_1, d. v. s. friktionskoefficienten, då man ej tar hänsyn till glidningen, och sedan beräkna den verkliga, μ samt λ ur formeln

$$\frac{\mu}{\mu_1} = 1 + \frac{4\lambda}{R},$$

då λ är glidningskoefficienten för ett tryck (p), som skulle

[1] PULUJ, Wiener Sitzungsber. 1874 2 Abth. Bd 69 p. 287 och Bd 70 p. 243.

[2] v. OBERMAYER, Wiener Sitzungsber. 1875 2 Abth. Bd 71 p. 281 och 1876 Bd 73 p. 433.

[3] E. WIEDEMANN, Arch. d. sc. phys. et nat. 1876 T. 56 p. 277.

[4] BARUS, Wied. Ann. 1889 Bd 36 p. 358.

[5] HOLMAN, Phil. Mag. 5 ser. Vol. 3 p. 81 och Vol. 21 p. 199.

[6] BREITENBACH, Wied. Ann. Bd 67 p. 803.

[7] KUNDT och WARBURG, Pogg. Ann. Bd 155 p. 337 och p. 525.

[8] WARBURG, Pogg. Ann. Bd 159 p. 399.

vara något mindre än medeltrycket under experimentet och beräknas enligt formeln

$$(p) = \frac{P_0}{1 + \frac{P_0 - p_0}{P_0}}$$

då P_0 och p_0 äro trycken å ömse sidor om rören. På detta sätt har han bestämt glidningen för ett tryck (p) af 33.8 mm. för luft och vätgas. Vid ännu lägre tryck förefinnes så vidt jag vet inga transpirationsbestämningar, hvarför jag, för att fylla denna brist, företagit en undersökning af gasers utströmning genom kapillärrör vid mycket låga tryck.

Denna undersökning är utförd å Fysiska institutionen i Upsala på tillrådan af herr professor Knut Ångström, som äfven gifvit mig förslag till konstruktionen af apparaten, och ber jag att härmed till honom få uttala min vördsamma tacksamhet för de goda råd han gifvit mig och för det intresse, hvarmed han städse bistått mig vid mitt arbete. Äfven till laboratorn herr doktor G. Granquist ber jag att få frambära mitt tack för välvilligt bistånd.

Den experimentella anordningen.

Den af mig använda apparaten finnes afbildad å plansch I fig. I. Som behållare för gasen tjänade tvenne glascylindrar A och B, en på hvardera sidan af kapillärröret, båda ungefär lika stora, 13 cm. långa och med en diameter af 3.2 cm., upptill och nedtill afsmalnande till ett rör. Vid A var upptill fastblåst det T-formiga röret C, hvilket förmedlade förbindelsen, dels med kapillärröret D, dels genom fosforsyreanhydridröret E med ett ifyllningsrör F, som till sina grundprinciper är konstrueradt af Cornu[1]. Detta bestod af ett 1 meter långt

[1] Cornu, Journal de Physique 5 p. 100 och p. 341 1886.

glasrör, som nedtill var omböjdt, och medelst en kautschukslang stod i förening med en kvicksilfverbehållare *G*. Strax ofvanför omböjningen utgick från röret ett fint kapillärrör *H*, hvars mynning omslöts af ett glas med kvicksilfver *I*. Nedtill utgick från *A* ett rör *K*, som ledde till det med graderad skala försedda röret *L*, utgörande en del af en M'Leods [1] apparat för bestämmandet af trycket. Denna var något olik den vanliga och bestod af en 4 cm. lång och 3 cm. vid glascylinder *M*, som upptill slutade i det smalare röret *N*, och nedtill var utdragen i en kort spets. Det 80 cm. långa röret *O* var upptill utblåst i en kula, hvilken omslöt spetsen af *M*, såsom af teckningen synes. I *O* utmynnade röret H. Nedtill stod *O* genom en kautschukslang i förbindelse med kvicksilfverbehållaren *P*. Från kapillärröret *D* utgick röret *Q*, som i andra ändan omslöts af en utvidgning *R* af röret *S*. Detta stod nedtill i förbindelse med ännu en kvicksilfverbehållare *T*. Denna sist beskrifna inrättning tjänade till att spärra de båda behållarna *A* och *B* från hvarandra. Från *R* ledde röret *U* till gasbehållaren *B*, hvilken genom det T-formiga röret *V* stod i förbindelse, dels med en M'Leods apparat *W*, alldeles lik den på andra sidan befintliga, dels med röret *X*, som genom fosforsyreanhydridröret *Y* ledde till kvicksilfverpumpen. Denna var af professor K. Ångströms [2] konstruktion. De båda träskifvorna *Z* tjänade som stöd åt apparaten. Under experimentet var denna omgifven af med staniol beklädd papp för att hindra uppvärmning. Vid *A* och *B* hängde termometrar.

Framställning och ifyllning af gaserna.

De gaser jag undersökt voro luft, vätgas och kolsyra. Luften torkades endast, men beröfvades icke sin halt af kolsyra. Vätgasen framställdes af ren zink och svafvelsyra med tillsats

[1] M'Leod, Phil. Mag. 4 ser. Vol. 48 1874 p. 110.

[2] Ångström, Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsala Ser III April 1892.

af en droppe platinaklorid; gasen leddes därefter genom kalilut och sedan genom ett fosforsyreanhydridrör. Kolsyran framställdes af marmor och klorvätesyra, hvarefter den leddes genom koncentrerad svafvelsyra och fosforsyreanhydridrör. Vid gasens ifyllning i apparaten tillgick på följande sätt. Kvicksilfver slogs i behållarne, hvarefter luften utpumpades så fullständigt som möjligt. Omkring mynningen af det fina kapillärröret *H*, sattes ned i kvicksilfret ett rör *a*, som upptill var utdraget i en spets. Genom kvicksilfret leddes gasen från torkrören in i *a*, och fick strömma, till dess att all luft kunde anses utdrifven, hvarefter spetsen af *a* tillsmältes och tilledningsröret borttogs. Behållaren *G* sänktes därefter, till dess att en gasbubbla inträngde genom *H* och steg upp genom kvicksilfret, hvarefter behållaren åter höjdes, så att ej för mycket gas skulle inkomma på en gång, och stöta sönder apparaten, eller kasta kvicksilfver in i fosforsyreanhydridröret. För att än mera hindra detta var röret *F* upptill utblåst och försedt med ett sidorör, samt därefter ånyo hopträngdt, och ännu en gång utblåst. Dessutom slutade sammanbindningsröret inuti den öfre utblåsningen. Sedan gasen sålunda småningom insläppts, och genom kapillärröret *D* strömmat öfver till *B* utpumpades den ånyo, hvarefter ny gas insläpptes på samma sätt. Detta upprepades till dess gasen kunde anses ren. Dess renhet kontrollerades genom experimentet på så sätt, att jag med hvarje rör alltid tog tvenne serier bestämningar för samma gas af olika påfyllning. Visade de skiljaktiga värden, kasserades dessa och ny gas infördes.

Försöksmetoden.

När gasen nått det tryck, vid hvilket jag önskade taga en bestämning, höjdes gasbehållaren *T*, så att kvicksilfret steg in i röret *Q* till ett märke strax ofvan mynningen. Därvid

afspärrades de båda behållarne från hvarandra. Därefter fick pumpen åter verka, så att gasen i *B* erhöll ett tryck, som var något lägre än det i *A*. Trycket bestämdes genom de M'Leodska apparaterna på följande sätt. Behållaren *P*, som före bestämningen ställts så högt, att kvicksilfret stod i röret *O* strax under spetsen af *M*, höjdes så att kvicksilfret steg upp i *M* och *H*, därvid afspärrande den del af gasen, som förut intagit volymen $M + N$ från den öfriga gasmassan. Behållaren, som upptill var försedd med en krok, hängdes i en öggla *c* på en tråd, som var upplindad på en rulle *d*. Denna var genom en skruf fastsatt i träskifvan *Z*, och kunde med stark friktion vridas rundt, så att tråden rullades af eller på, hvarvid kvicksilfret föll eller steg. Jag vred nu på rullen, till dess att kvicksilfret stannade vid märket *e* å röret *N*. Genom trycket af den i *N* sammanträngda gasen, steg kvicksilfret högre i röret *H*. Dess höjd aflästes å den därvid fästa skalan. Dennas nollpunkt var i nivå med märket *e*. Genom denna afläsning kunde trycket i *A*, såsom jag sedan skall visa, beräknas. På samma sätt bestämdes därefter trycket i *B*, hvarefter behållarna åter nedsänktes, så att kvicksilfret sjönk tillbaka till sitt ursprungliga läge. Därefter sänktes behållaren *S*, så att kvicksilfret lämnade röret *Q* och stannade vid ett märke strax nedanför. Det ögonblick, då röret *Q* öppnades, och apparaterna sålunda voro satta i förbindelse med hvarandra genom kapillärröret, aflästes. Sedan gasen fått strömma en lämplig tid, höjdes åter *S*, så att kvicksilfret spärrade röret, i hvilket ögonblick tiden aflästes. Därefter bestämdes ånyo trycken på samma sätt som förut. Jag känner således trycken före och efter strömningen å båda sidor om röret, samt den tid strömningen varat. För bestämning af kortare tider använde jag i regel en kronograf, men då denna visade sig hafva något ojämn gång, föredrog jag att för större tidsintervall använda ett vanligt fickur.

Beräkningen af trycket sker på följande sätt. Om jag kallar volymen af röret N till märket e för v, volymen af M för w, volymen af A med därtill hörande af gasen uppfyllda rör för V, det sökta trycket i A för P, trycket i röret N, sedan kvicksilfret stigit till märket e, för p, samt höjden af den aflästa kvicksilfverpelaren i röret L för h, så vet jag, att den gasvolym, som afspärrades vid kvicksilfrets stigning hade trycket P och volymen $v + w$. Jag får således under förutsättning att Mariotteska lagen gäller vid ifrågavarande tryck

$$P(v + w) = pv$$

Om man kan försumma den volymförminskning, som äger rum i V genom stigningen af kvicksilfret i L, så hafva vi fortfarande å denna sida volymen V och trycket P, hvaraf följer

$$p = P + h$$
$$P(v + w) = (P + h)\, v$$
$$P = \frac{v}{w} h \qquad \text{(III)}$$

Vill man åter taga med i beräkningen volymförminskningen af V genom kvicksilfrets stigning och kalla denna volym a samt trycket hos volymen $V - a$ för P', får man

$$(V - a)\, P' = PV$$
$$p = P' + h$$

samt som förut

$$P(v + w) = pv$$

Häraf fås, om man tar i betraktande att $\frac{a}{V}$ är en liten kvantitet, hvars högre potenser kunna försummas

$$P = \frac{hv}{w - \frac{a}{V} v} \qquad \text{(IV)}$$

Jag behöfver således känna v, w och V, samt dessutom genomskärningsarean i röret L för att däraf kunna beräkna a.

Innan apparaten hopblåstes bestämdes v och w för de båda M'Leodska apparaterna genom vägning af infördt kvicksilfver. Kallar jag de till A hörande värdena v_I och w_I de till B v_{II} och w_{II}, så fann jag härvid $v_I = 1.270$ kbcm. $w_I = 38.410$ kbcm. samt $v_{II} = 1.305$ kbcm. $w_{II} = 36.553$ kbcm.

Genomskärningsarean af röret L och det mot detsamma svarande röret å den andra apparaten, hvilka voro tagna af samma rörsort, bestämdes också genom vägning med kvicksilfver. Härför fann jag värdet 0.1298 kvcm. Från nollpunkten af skalan och ned till röret o, har röret L en längd af 12 cm., hvarför jag för att erhålla värdet af volymen a, till den aflästa höjden h adderar 12, hvarefter summan multipliceras med 0.1298. Detta gäller äfven för den andra M'Leodska apparaten.

För att finna V använde jag en särskild anordning. I stället för kapillärröret fastblåstes emellan rören C och Q, ett T-formigt rör, f (Fig. II) hvars tredje ben ledde till en glascylinder g, nedtill afsmalnande i ett rör h, som genom en kautschukslang stod i förbindelse med en kvicksilfverbehållare, i. Kvicksilfver ifylldes och i ställdes så att kvicksilfret stannade vid ett märke, k, å röret, h. Därefter bestämdes trycket, och temperaturen. Sedan höjdes i, så att kvicksilfret steg till märket l ofvanför cylindern g. Ånyo bestämdes trycket och temperaturen. Kalla volymen mellan märkena k ock l för A, volymen hos hela den öfriga apparaten till märket l för W, trycket, när kvicksilfret stod vid k för P, temperaturen i samma ögonblick T, trycket, när kvicksilfret stod vid l för p, motsvarande temperatur t, så får man

$$\frac{(W + A)P}{1 + \alpha T} = \frac{Wp}{1 + \alpha t}$$

$$W = \frac{AP}{p\frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} - P}$$

eller då temperaturvariationerna i allmänhet voro små

$$W = \frac{A\,P}{p[1 + \alpha\,(T - t)] - P}$$

Spärrar man sedan röret Q, och gör en liknande bestämning för den högra delen af apparaten, får man värdet på denna delens volym.

Skillnaden mellan de båda värdena ger volymen af den vänstra delen.

Volymen A hade på förhand bestämts genom vägning med vatten till 69.504 kbcm. Som jag med de M'Leodska apparaterna kunde bestämma tryck af högst 16 mm., måste jag göra volymsbestämningen vid mycket låga tryck.

Då hjälpvolymen A dessutom i förhållande till apparatens hela volym var tämligen liten, så blifva värdena på volymerna icke synnerligen öfverensstämmande. Som jag emellertid tagit medelvärden af ganska många bestämningar, torde dock dessa kunna anses ha tillräcklig noggrannhet, då sannolika felet i medelvärdet icke uppgår till 0.2 %. Då jag bestämde värdet af hela volymen W afläste jag trycket å båda sidor, för att kunna jämföra bestämningarna från de båda apparaterna. I tabell I hänföra sig de med I betecknade värdena till den med A förenade apparaten, de med II till den andra. Öfverensstämmelsen mellan de båda tryckbestämningarna är såsom synes af tabellen ganska god; de utvisa en noggrannhet af åtminstone 0.1 %. H betyder den aflästa höjden i mm. när kvicksilfret stod till märket k, T den därvid aflästa temperaturen, P är det härur beräknade trycket i mm. h, t, p, motsvarande värden, när kvicksilfret stod vid märket l. W är den beräknade volymen. Höjderna äro i regel medeltal af tre efter hvarandra tagna afläsningar. Temperaturen aflästes under tiden å de bredvid A och B befintliga termometrarne, och kvicksilfret i tryckmätningsröret antogs hafva samma temperatur, som den bredvid varande termometern, så att denna temperatur användes till korrektionen för kvicksilfrets täthet.

Trycket beräknades enligt formel III, utan hänsyn till ändringen i volym genom kvicksilfverpelarens stigning, då ju vid denna bestämning ej synnerligen stor noggrannhet kan ernås. Sedan jag vid ett visst tryck bestämt volymen för hela apparaten, spärrade jag af den vänstra delen genom spärröret Q och bestämde volymen af högra delen. H', T', P', h', t', p', W' i tabell II angifva dessa värden.

Tabell I.

	H	T	P	h	t	$p[1+\alpha(T-t)]$	W
I	108.0	15.2	3.555	125.3	15.3	4.123	435
II	99.9	15.7	3.557	115.5	15.7	4.112	445
I	246.2	16.0	8.104	285.3	16.0	9.391	438
II	227.6	16.4	8.102	263.8	16.4	9.390	437
I	263.3	16.0	8.667	304.8	16.2	10.02	443
II	243.3	16.4	8.661	282.3	16.6	10.04	436
I	292.0	16.1	9.611	338.6	16.2	11.14	437
II	270.1	16.3	9.615	312,4	16.5	11.11	446
I	332.2	16.8	10.93	384.5	17.0	12.64	444
II	305.6	17.0	10.88	354.6	17.3	12.61	437
I	348.1	14.7	11.46	403.9	14.9	13.29	436
II	321.9	15.0	11.46	372.7	15.3	13.25	444
I	378.0	15.1	12.44	438.7	15.0	14.45	432
II	348.6	15.4	12.41	403.7	15.2	14.38	437
I	333.9	14.5	10.99	387.4	14.7	12.75	436
II	307.5	15.0	10.95	357.0	15.2	12.70	434
I	281.9	14.6	9.281	326.6	14.8	10.74	441
II	260.8	15.1	9.286	301.6	15.3	10.73	447
I	254.9	14.4	8.393	296.3	14.7	9.744	432
II	236.3	14.9	8.414	274.2	15.3	9.748	438

Tabell II.

H'	T'	P'	h'	t'	$p'[1+\alpha(T-t)]$	W'
108.0	15.3	3.555	141.0	15.6	4.636	229
246.2	16.1	8.104	320.8	16.1	10.56	229
263.4	16.2	8.670	344.8	16.3	11.34	225
292.9	16.4	9.640	382.8	16.7	12.58	228
330.2	14.5	10.87	430.3	14.7	14.16	230
349.3	15.1	11.50	456.3	15.3	15.01	228
376.5	14.7	12.40	490.9	15.1	16.14	230
334.5	15.0	11.01	437.1	15.1	14.38	227
282.6	14.9	9.304	369.0	15.2	12.13	228
226.8	15.1	7.466	296.7	15.3	9.760	226

I medelvärde får jag $W = 439$ kbcm. och $W' = 228$ kbcm. För att få värdet af W_1 (den till höger om kapillärröret befintliga volymen) måste man från W' substrahera dels volymen af röret f, dels volymen af röret Q. Röret f hade 49 cm. horisontal längd, hvartill kommer det lilla tvärröret ned till märket l, hvilket var 6 cm., således tillsammans 55 cm. Genom vägning af infördt kvicksilfver bestämdes genomskärningsarean till 0.056 kvcm., således volymen = 3.1 kbcm. Röret Q bestod af ett smalare från kapillärröret och ned till utblåsningen R. Detta var 37 cm. långt och hade en genomskärningsarea = 0.022 kvcm. således volymen = 0.8. Det lilla röret inuti R, var 6 cm. långt ned till det märke, där kvicksilfret stod, när apparaten var spärrad, genomskärningsarean var = 0.056 kvcm., således volymen 0.3 kbcm. Röret Q:s volym således 1.1 kbcm. Från 228 skall därför substraheras 4.2. Jag får då W_1 ungefär = 224 kbcm. För att få W_2 (den till vänster om kapillärröret befintliga volymen) substraheras W' från W, hvilket ger 211. Härtill måste dock läggas volymen af röret $Q = 1.1$. Således W_2 ungefär = 212 kbcm. Skillnaden mellan

de båda volymerna var sålunda endast 12 kbcm. För att få volymerna alldeles lika, tillblåstes å vänstra sidan upp vid kvicksilfverpumpen en liten glasblåsa m, som rymde ungefär 12 kbcm. Sedan detta var gjordt, tog jag ånyo några bestämningar öfver hela volymens storlek. Dessa värden återfinnas i tabell III. Medelvärdet af W blir nu 451, hvilket ju är $= 439 + 12$. Jag har sålunda $W_1 = W_2 = 224$ kbcm.

Kvicksilfverpelarna i rören F och S höllos alltid vid bestämda märken, så att ingen volymändring skulle kunna äga rum genom ändring i deras läge.

Tabell III.

	H	T	P	h	t	$p[1+\alpha(T-t)]$	W
I	345.1	16.7	11.36	397.8	16.5	13.10	453
II	317.7	16.7	11.31	367.0	16.7	13.06	448
I	295.4	15.8	9.724	342.0	16.2	11.24	445
II	273.5	16.3	9.736	315.1	16.4	11.21	458
I	242.9	16.3	7.995	280.2	16,3	9.222	453
II	224.4	16.7	7.987	259.3	16.7	9.230	447
I	215.5	16.4	7.093	248.6	16.5	8.179	454
II	199.0	16.7	7.083	229.8	16.7	8.180	449

I formel IV betecknar V volymerna W_1 eller W_2 minskade med den volym som intages af de M'Leodska apparaterna. Jag har

$$V_{\mathrm{I}} = W_1 - (w_{\mathrm{I}} + v_{\mathrm{I}}) = 224 - 40 = 184 \text{ kbm.}$$

$$V_{\mathrm{II}} = W_2 - (w_{\mathrm{II}} + v_{\mathrm{II}}) = 224 - 38 = 186 \text{ kbm.}$$

Ett par korrektioner måste iakttagas vid experimentet. I likhet med hvad som varit fallet vid volymsbestämningarna, korrigerade jag alla tryckbestämningar för kvicksilfrets täthet

genom division med $1 + 0{,}000181\ t$. Vidare kan temperaturen variera under ett försök, så att trycket efter strömningen afläses vid en annan temperatur än före densamma. För den tryckändring, som denna temperaturskillnad åstadkommer, måste man korrigera. Som variationerna i allmänhet äro ganska små, har jag ansett, att det kunde vara tillräckligt noggrant att multiplicera de efter strömningen aflästa trycken med $1 + \alpha(T - t)$, då T och t äro temperaturerna före och efter strömningen.

När trycken afläsas äro A och B spärrade från hvarandra. Kvicksilfverpelaren i s står då vid ett bestämdt märke. När sedan strömningen skall börja, sänkes kvicksilfret till ett annat märke. Detta ökar volymen och minskar således trycket med en viss kvantitet, beroende af förhållandet mellan den tillagda volymen och hela volymen W_2. Det aflästa trycket har således ett något för högt värde. För att kunna korrigera härför bestämde jag trycket å båda apparaterna, sedan de under flera timmar stått i förbindelse med hvarandra. Trycket var då detsamma å båda sidor, när apparaten var öppen. Den spärrades och trycket aflästes. Om trycket, afläst å apparat I, kallas P_1 å apparat II P_2, så är P_2 alltid högre än P_1. Förhållandet $\frac{P_1}{P_2}$ bör oberoende af tryckens absoluta värden alltid vara detsamma, ty när apparaten är öppen är trycket öfverallt P_1, då intar gasen volymen W_2, höjes sedan kvicksilfret intar den volymen $W_2 - c$, om c är den volym kvicksilfret tager från gasen. Jag har således

$$W_2 P_1 = (W_2 - c) P_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{W_2 - c}{W_2}$$

Tabell IV anger de funna värdena. H_1, T_1, P_1, ange höjden, temperaturen och det beräknade trycket för apparat I,

H_2, T_2, P_2 motsvarande värden för apparat II. $\frac{P_1}{P_2}$ anger det funna förhållandet mellan dessa tryck. Formel IV är använd vid tryckberäkningen.

Tabell IV.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	$\frac{P_1}{P_2}$
324.3	15.5	10.69	303.9	15.7	10.83	0.987
301.0	15.4	9.918	282.7	15.4	10.08	0.984
256.2	16.3	8.440	241.1	16.4	8.590	0.982
200.0	16.6	6.587	188.4	16.7	6.711	0.982
170.0	16.1	5.599	160.0	16.2	5.700	0.982
128.3	16.8	4.225	120.6	16.9	4.295	0.984
123.0	17.1	4.050	115.6	17.2	4.117	0.984
92.2	17.9	3.035	87.1	17.9	3.101	0.974

I medelvärde erhålles $\frac{P_1}{P_2} = 0.983$. Alla värden på trycken, aflästa å apparat II, böra således multipliceras med 0.983, för att få det värde, som trycket hade, då kvicksilfverpelaren i s stod vid det lägre märket. Ännu ett par korrektioner måste dock iakttagas med afseende på trycken. Då jag med apparaten spärrad, sedan den varit i hvila en stund, först afläser trycket å båda sidor, kan jag antaga att i röret Q, mellan kapillärröret och spärren förefinnes samma tryck som i A. Då nu kvicksilfret sänkes, sättes detta rör i förbindelse med B, hvarför trycket i B något ökas. Kallar jag trycket i A för P_1, trycket i B (korrigeradt för kvicksilfrets höjning) för P'_2, samt dess värde efter föreningen med Q för P_2, B volymen af denna del till R, b volymen af röret Q, så finner jag

$$B P'_2 + P_1 b = (B + b) P_2$$

$$P_2 = P'_2 + \frac{(P_1 - P'_2) b}{B + b}$$

Jag har således att till det förut funna värdet på P'_2 lägga $\frac{b}{B+b}(P_1 - P'_2)$ för att erhålla det värde på trycket, som fanns i volymen W_2 vid strömningens början. $B + b$ är den förut bestämda volymen $W_2 = 224$. b är volymen af röret Q. Denna har bestämts till 1.1. Härtill måste dock läggas ännu en liten kvantitet, beroende därpå, att vid kapillärrören alltid fastblåstes ett rör af något större diameter, som sedan blåstes till Q. Denna volym växlar vid de olika rören, hvarför storleken af denna korrektion anges vid hvart rör särskildt. — Dessa små rör å ömse sidor om kapillärröret ändra också volymerna W_1 och W_2 något, men jag har ansett mig kunna försumma denna lilla ändring, då den ligger inom försöksfelen vid bestämningen af W_1 och W_2. Som W_1 och W_2 i de Meyerska formlerna endast ingå såsom konstanter, kan ett litet fel på dem endast inverka på de absoluta värdena af η och ζ, hvarför noggrannheten ändock torde vara tillräckligt stor. När sedan strömningen försiggått en lämplig tid, höjer jag kvicksilfret och spärrar. I detta fall behöfver p_2 blott korrigeras för höjningen, men eftersedan afspärrningen skett, fortsätter strömningen från A till röret Q. Om nu kapillärröret ej är alltför fint, bör denna tryckutjämning ske ganska fort, eftersom Q är mycket litet i förhållande till A. Om man väntar en stund mellan afspärrning och afläsning, kan man därför antaga, att så mycket gas strömmat öfver från A till Q, att lika tryck är rådande. Det tryck i A som jag afläser är således för litet. För denna korrektion finner jag

$$p_1 W_1 + p_2 b = p'_1 (W_1 + b)$$

$$p_1 = p'_1 + (p'_1 - p_2) \frac{b}{W_1}$$

Denna sista korrektion är införd vid rören A och C, men som rör B var så fint, att jag hade måst vänta synnerligen

länge, för att tryckutjämningen skulle hinna äga rum, föredrog jag att i detta fall afläsa trycket omedelbart efter spärrningen. Vid röret *B* införes således ej den sista korrektionen för p_1.

Jag har tagit bestämningar med tre olika rör. Genom kalibrering med kvicksilfver undersöktes rören, så att deras mest cylindriska delar kunde utväljas.

Rör A. En kvicksilfverpelare intog efter hvarandra längderna 102.0, 100.8, 99.3, 98.6, 98.1, 97.9 mm. Genom vägning af olika mängder kvicksilfver som infördes, bestämdes radien till 0.36957, 0.36958, 0.36964, 0.36963, 0.36958 mm. Medelvärde 0.36960 mm. Längden af röret var 409 mm. $b = 1.3$.

Rör B. En kvicksilfverpelare intog efter hvarandra längderna 76.6, 76.7, 77.2 mm. Radien bestämdes till 0.1135, 0.1134, 0.1135, 0.1136, 0.1135 mm. Medelvärde 0.1135 mm. Längden = 187 mm., $b = 1.9$.

Rör C. En kvicksilfverpelare intog efter hvarandra längderna 112.8, 112.4, 111.6, 112.4 mm. Radien bestämdes till 0.1755, 0.1755, 0.1756, 0.1754, 0.1755. Medelvärde 0.1755 mm. Af *C* togos bestämningar med två olika längder, 339 mm. och 241 mm. b var i första fallet 1.6 i andra 1.7.

Slutligen har jag äfven försilfrat rör *C* (241 mm.) och tagit bestämningar därmed. Som försilfringsvätska användes den af Kohlrausch[1] rekommenderade, innehållande silfvernitrat och Seignettesalt. Lösningen sögs in i röret, och detta fick ligga horisontellt i omkring 15 minuter, hvarefter den gamla vätskan utsögs och ny infördes. Röret fick åter ligga i 15 minuter. Detta upprepades 4 gånger. Röret öfverdrogs då invändigt med ett silfverskikt, som äfven inåt blef jämt och speglande. Försilfringsvätskan innehåller ej mer än 6 gr. silfvernitrat på 1 liter vatten. Beräknar man härur den kvan-

[1] Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik sid. 162.

titet silfver, som finnes i de 4 vätskepelarne, hvarmed röret försilfrats, så finner man att den är så ringa, att silfverskiktets tjocklek under förutsättning af en jämn fördelning i röret ej kan uppgå till mer än högst 0.0001 mm., detta om allt silfver utfällts ur lösningen. Då detta troligen ej är fallet, och således tjockleken af skiktet är än mindre, anser jag mig kunna betrakta rörets radie som oförändrad, d. v. s. fortfarande 0.1755 mm.

Beräkning af resultaten.

Vid tryckmätningar med M'Leodska apparater förutsätter man, att Mariotteska lagen gäller vid ifrågavarande tryck. Frågan om denna lags giltighet vid förtunnade gaser är emellertid mycket omtvistad. Siljeström[1] har funnit, att vid förtunning värdet på pv ökar, när trycket minskar, så väl för luft och kolsyra som ock, fastän i mindre grad, för vätgas. Afvikelser från lagen i samma riktning har Mendeleeff[2] konstaterat, under det att Amagat[3], som underkastade frågan en noggrann utredning, och påvisade huru lätt man vid dylika undersökningar är utsatt för felkällor, fann att den Mariotteska lagen är gällande inom försöksfelen åtminstone ned till ett tryck af 2 mm. för luft, kolsyra och vätgas. E. von der Ven[4] har för luft funnit afvikelser i motsatt riktning mot de af Siljeström och Mendeleeff funna. För syrgas har Bohr[5] påvisat en bestämd anomali vid 0.7 mm. samt afvikelser från Mariotteska lagen ifrån ett tryck af 15 mm. Detta resultat har sedermera konstaterats af flera forskare. Baly och Ram-

[1] Siljeström, Bihang till Kgl. Sv. Vet. Ak. Handl. II 1873 p. 1.
[2] Mendeleeff, Annales de Chim. et de Phys. 3 ser. 9 p. 111.
[3] Amagat, Annales de Chim. et de Phys. 5 ser. 28 p. 480.
[4] E. von der Ven, Wied. Ann. Bd 38 p. 302.
[5] Bohr, Wied. Ann. Bd 27 p. 459.

SAY [1], som företagit en undersökning öfver de M'Leodska apparaternas tillförlitlighet och i sammanhang härmed öfver Mariotteska lagens giltighet, finna apparaterna användbara för vätgas, men icke för luft och kolsyra. SUTHERLAND [2] framhåller, att man på grund af den kinetiska gasteorien icke har att vänta någon afvikelse från lagen vid låga tryck och att ej heller kondensering af gas vid glasytan borde göra sig gällande i högre grad vid låga tryck än vid högre, annat än i enstaka fall såsom vid fuktig kolsyra, hvilket då skulle bero på någon slags kemisk reaktion mellan denna och glasets beståndsdelar. Härmed förklarar han de värden som Baly och Ramsay funnit för kolsyra, hvilka voro olika för olika apparater. Han anser, att någon verklig afvikelse från lagen ej förefinnes hos kolsyra, utan att den skenbara, som konstaterats är beroende af fuktighetsgraden och glassorten och under andra omständigheter kunnat undvikas. Syrets anomali anser han däremot bero på, att syret vid låga tryck öfvergår i ozon. Härur drar han den slutsatsen, att om syre äfven, när det är blandadt med kväfve, skulle förhålla sig på samma sätt, man för luft borde få en afvikelse om också mindre tydlig i den riktning som Siljeström och Mendeleeff funnit. Denna borde dock ligga vid ett tryck, där syrets partialtryck motsvarar de föregående värdena. Afvikelsen borde därför börja redan vid 75 mm. och diskontinuiteten inträda vid 3.5 mm. Vid Baly och Ramsays bestämningar för luft ansåg han, att en särskild felkälla förekommit. Sedermera har dock R. THREFALL och FL. MARTIN [3] påvisat, att syret vid låga tryck ej visar för ozon karakteristiska kemiska reaktioner, hvaraf de draga den slutsatsen att syrets anomali, hvilken äfven de konstaterat, ej kan bero på ozonbildning. Att emellertid rent syre

[1] BALY och RAMSAY, Phil. Mag. 5 ser. Vol. 38 p. 301.
[2] SUTHERLAND, Phil. Mag. 5 ser. Vol. 43 p. 11, 83 och 201.
[3] R. THREFALL och FL. MARTIN, Chem. News 76 p. 283 1897.

verkligen afviker från Mariotteska lagen hafva alla, som härmed sysselsatt sig funnit, under det att i fråga om andra gaser olika forskare kommit till olika resultat.

Emellertid har jag vid tryckmätningen antagit, att lagen är giltig, men experimentet innehåller ett bevis a posteriori för att detta antagande varit berättigadt. All gas som utströmmar från A upptages i B. Man skulle sålunda få, om lagen gäller

$$W_1 dp_1 = - W_2 dp_2$$
$$W_1 (P_1 - p_1) = W_2 (p_2 - P_2)$$
$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{p_2 - P_2}{P_1 - p_1}$$

Nu är $W_1 = W_2$, hvarför

$$\frac{p_2 - P_2}{P_1 - p_1} = 1.$$

Jag har beräknat denna kvantitet vid hvarje försök och funnit, att den inom försöksfelen verkligen är = 1. Naturligtvis blifva dessa, såsom det framgår af tabellerna, större vid ytterlig förtunning, då det endast är en synnerligen liten kvantitet gas, som går öfver, men felen gå ej i någon bestämd riktning, och äro ej större för luft eller kolsyra än för vätgas. Jag anser därför att försöken utvisa, att den Mariotteska lagen är åtminstone tillnärmelsevis gällande ned till lägsta tryck för de gaser jag undersökt.

Om man vid de låga tryck, med hvilka jag arbetat, skulle ha rätt att använda Meyers formler II och i dem inför, att såsom här är fallet, $W_1 = W_2$ så får man

$$p_1 + p_2 = P_1 + P_2$$

d. v. s. medeltrycket blir under ett strömningsförsök konstant, och formlerna förenklas till

$$\left\{\begin{array}{l} K = \dfrac{W_1}{t(P_1 + P_2)} \log \dfrac{P_1 - P_2}{p_1 - p_2} \\ K = \dfrac{\pi R^4}{8\eta\lambda}\left[1 + \dfrac{4\zeta}{R}\right] \end{array}\right. \qquad (V)$$

Då, som förut anmärkts, dessa formler äro beräknade under förutsättning att ζ är oberoende af trycket, så skulle de här ej mera vara användbara. Men då nu, såsom jag hade det anordnadt, medeltrycket under ett försök alltid var konstant, skulle man kanske kunna vara berättigad att ersätta den efter hela röret sig ändrande glidningen med en glidning, som motsvarar medeltrycket. Formlerna V skulle då fortfarande vara gällande blott jag satte

$$K = \frac{\pi R^4}{8\eta\lambda}\left(1 + \frac{4\zeta_1}{R}\frac{760}{P}\right)$$

där ζ_1 är glidningen vid 760 mm., och P medeltrycket under försöket.

Är detta antagande riktigt, så skall K vara konstant för ett rör vid samma medeltryck men med olika drifvande tryck. Detta visade sig ock äga sin riktighet, såsom framgår af tabellerna XI—XIII, rör C, där jag tagit åtskilliga värden på så sätt, att jag först åvägabragt en tämligen stor tryckskillnad mellan A och B, och därefter tagit två strömningsbestämningar efter hvarandra, utan att däremellan införa eller utpumpa någon gas. Medeltrycken blifva då i det närmaste oförändrade — temperaturvariationerna kunna åstadkomma en liten ändring — och K visade sig också konstant inom försöksfelen.

Däremot skall K ej vara konstant för olika medeltryck, utan ökas när trycket minskas, på så sätt att K är beroende af två termer, af hvilka den ena är oberoende och den andra omvändt proportionell mot medeltrycket. Äfven detta har jag funnit med verkliga förhållandet öfverensstämmande, åtminstone

ned till ett medeltryck af 0.6 mm. Sedan jag för ett gifvet rör och en gifven gas tagit bestämningar på K för olika medeltryck, satte jag nämligen

$$K = a + \frac{b}{P}$$

och beräknade a och b enligt minsta kvadratmetoden. Jag fann då, att förhållandet mellan K och P lät sig ganska väl uttryckas genom denna formel. Dock visade det sig icke lämpligt, att vid denna beräkning medtaga värden på K för medeltryck lägre än omkring 0.6 mm. Dels blifva till följd af observationsfelen de lägsta värdena på trycken betydligt sämre än de öfriga, dels tyckes ungefär vid denna gräns en afvikelse från lagen äga rum. När jag med de ur det öfriga området funna värdena på konstanterna a och b beräknar K för de lägsta trycken, finner jag nämligen att afvikelserna mellan de beräknade och de observerade värdena nästan alltid gå åt samma håll.

Innan jag företog denna beräkning af a och b, införde jag dock ännu en korrektion för temperaturen. Såsom i inledningen nämndes, ändras friktionskoefficienten η med temperaturen. Enligt kinetiska gasteorien är

$$\eta = 0.30967 \ \rho L \Omega \ ^1$$

där ρ är tätheten, L medelväglängden och Ω medelhastigheten hos en gaspartikel. Ω ändrar sig, när temperaturen ändras, med $\sqrt{1 + \alpha t}$; om L vore oberoende af temperaturen skulle η också ändra sig med $\sqrt{1 + \alpha t}$, men om man sätter

$$\eta_t = \eta_0 (1 + \alpha t)^n \qquad \text{(VI)}$$

och söker bestämma n, så blir n för alla gaser större än $\frac{1}{2}$.

[1] Konstanten uppgifves af olika författare något olika. Värdet 0.30967 är taget efter O. E. Meyer, Die Kinetische Theorie der Gase. Zweite Hälfte p. 189.

Ja, det visar sig t. o. m. att n ej är konstant, utan ändrar sig med temperaturen, hvarför äfven andra formler uppställts för att uttrycka η:s beroende af temperaturen. Men då under mitt försök inga stora temperaturvariationer förekommit, har jag ansett mig kunna använda formeln VI. Värdet på n har jag tagit efter Breitenbachs [1] undersökningar, och satt för luft $n = 0.7783$, för kolsyra $n = 0.9450$ och för vätgas $n = 0.6844$. Nu är emellertid K icke allenast beroende af η, utan också af ζ. Enligt Meyer [2] är koefficienten för den yttre friktionen

$$\varepsilon = \frac{1}{4}\beta\rho\Omega$$

där β är en konstant, hvars värde bör ligga mellan 0 och 2. Härur får man glidningskoefficienten

$$\zeta = \frac{\eta}{\varepsilon} = \frac{4}{\beta}\,0.30967\,L.$$

ζ ändrar sig således med temperaturen endast så mycket som L. Jag har därför ansett, att jag kunde försumma denna ändring, och endast taga hänsyn till η:s ändring med temperaturen. Jag får då

$$K_t = \frac{\pi R^4}{8\eta_0(1+\alpha t)^n}\left[1 + \frac{4\zeta_1}{R}\frac{760}{P}\right].$$

Men då mina värden i allmänhet äro tagna i närheten af 15°, och då temperaturkorrektionen ej kan anses fullt tillförlitlig, har jag föredragit att endast korrigera till 15°. Sätter man

$$K_{15} = \frac{\pi R^4}{8\eta_0(1+\alpha 15)^n}\left[1 + \frac{4\zeta_1}{R}\frac{760}{P}\right]$$

så får man

$$K_{15} = K_t\left[\frac{1+\alpha t}{1+\alpha 15}\right]^n$$

[1] Breitenbach, Wied. Ann. Bd 67 p. 803.

[2] Meyer, Die Kinetische Theorie der Gase. Zweite Hälfte p. 210.

eller då det endast är fråga om små variationer

$$K_{15} = K_t[1 + n\alpha(t - 15)].$$

Enligt denna formel har jag korrigerat alla värden på K, då t är medeltemperaturen under försöket.

Ur dessa korrigerade värden på K har jag beräknat konstanterna a och b.

Är teorien riktig, bör jag ur värdena på a och b kunna beräkna inre friktionskoefficienten och glidningskoefficienten vid 760 mm. tryck. Jag har

$$\eta_1 = \frac{\pi R^4}{8a\lambda} \text{ och } \zeta_1 = \frac{bR}{4a\overline{760}}.$$

Dock är att märka, att jag icke beräknat K i absolut mått. Dels har jag räknat med Briggska logaritmer i stället för naturliga, dels är trycket bestämdt i mm. kvicksilfver och skall således multipliceras med $\frac{\rho g}{10}$, då ρ är kvicksilfrets täthet = 13.596 och g accelerationen = 981.9. För att få absoluta värden, skola således de funna värdena på a och b divideras med $\frac{\rho g M}{10}$, M är modylen. Sedan detta skett har jag af dem beräknat η och ζ_1.

Slutligen har jag försilfrat rör C för att se huru detta inverkade. Graham hade funnit, att transpirationen var oberoende af rörets materia. Detta är lätt förklarligt, då han rörde sig med tryck, där han kunde försumma glidningen. Men i detta fall borde jag finna en skillnad. Detta visade sig också vara förhållandet. Under det att η_1, som man kunde vänta, förblef konstant inom observationsfelen, undergick ζ_1 en tydlig förminskning. Den yttre friktionen ökades således genom försilfringen.

Tabellerna V—XIX innehålla de funna värdena. H_1, T_1, P_1 beteckna den aflästa höjden, temperaturen och det beräknade trycket för A, H_2, T_2, P_2 samma värden för B

före strömningen, h_1, t_1, p_1, h_2, t_2, p_2 motsvarande värden efter strömningen. Höjderna äro medeltal af tre afläsningar.

Trycken äro beräknade med iakttagande af de respektive korrektioner, som förut omtalats. P betyder medeltrycket. T medeltemperaturen under experimentet. K_{15} det till 15° reducerade värdet på K. K_{ber} betyder det med konstanten a och b beräknade värdet på K, och Δ skillnaden mellan det observerade och det beräknade.

De 7 sista värdena för rör A_1 luft, tabell V och de 6 sista för rör A kolsyra, tabell VI äro tagna vid ett senare tillfälle, då jag å ömse sidor om röret tillsatt ett litet urladdningsrör. Detta gör, att de äro räknade med något olika konstanter. Jag har här $W_1 = W_2 = 230$ och $b = 7.4$. V_{II} i formel IV är densamma för sidan B, men för sidan A blir $V_1 = 190$.

Planscherna 2—5 innehålla de grafiska framställningarna. Medeltrycken äro tagna till abskissa och K till ordinata. Linjerna äro dragna efter den beräknade kurvan. De observerade värdena på K blifva vid de lägsta trycken alltid större än de beräknade. För vätgasen, som har det lägsta värdet på η och det högsta på ζ_1, företer kurvan den starkaste stigningen. För kolsyran, hvars värde på η är något lägre, och på ζ_1 betydligt lägre än för luft, börjar kurvan något ofvanför luftkurvan och skär sedermera densamma, såsom framgår af plansch 2 och 3. För rör C har jag för större tydlighets skull skiljt de olika gasernas kurvor.

Öfverensstämmelsen mellan de observerade och de beräknade värdena är i allmänhet ganska god inom det område, för hvilket lagen ansetts gälla, där Δ i allmänhet belöper sig till ungefär 1 %.

För större öfverskådlighets vinnande sammanför jag i tabell XX de funna värdena på η och ζ_1.

Tabell V.

Rör *A*. Luft.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
353.9	15.6	11.66	277.0	15.6	9.715	2^m 0^s	331.9	15.6	10.94	298.8	15.6	10.47	1.04	10.70	0.0538	15.6	0.0539	0.0582	— 0.0043
324.6	15.7	10.70	260.1	15.8	9.120	2^m 0^s	306.1	15.9	10.08	277.7	16.1	9.717	0.97	9.90	0.0601	15.9	0.0603	0.0585	+ 0.0018
301.7	15.8	9.941	200.7	15.8	7.046	2^m 0^s	271.0	16.0	8.927	230.3	15.8	8.067	1.01	8.49	0.0580	15.8	0.0581	0.0591	— 0.0010
256.5	16.4	8.449	134.0	16.6	4.714	2^m 0^s	221.2	16.4	7.294	167.7	16.6	5.872	1.60	6.582	0.0595	16.5	0.0597	0.0604	— 0.0007
221.2	16.4	7.286	167.7	16.6	5.880	2^m 0^s	208.0	16.5	6.851	180.9	16.7	6.332	1.04	6.587	0.0613	16.5	0.0616	0.0604	+ 0.0012
200.1	16.6	6.590	134.9	16.8	4.734	2^m 0^s	184.2	16.6	6.072	150.6	16.7	5.275	1.04	5.668	0.0605	16.7	0.0608	0.0612	— 0.0004
170.3	16.5	5.609	80.2	16.8	2.823	3^m 0^s	143.7	16.7	4.735	106.1	16.7	3.716	1.02	4.221	0.0644	16.7	0.0647	0.0634	+ 0.0013
123.0	17.4	4.050	57.1	17.5	2.011	3^m 0^s	106.7	17.7	3.515	72.9	17.7	2.550	1.01	3.031	0.0667	17.6	0.0672	0.0668	+ 0.0004
86.0	17.3	2.831	20.1	17.4	0.716	5^m 0^s	67.5	17.6	2.225	37.5	17.6	1.311	0.98	1.771	0.0768	17.5	0.0774	0.0754	+ 0.0020
67.8	17.7	2.232	18.3	17.7	0.650	5^m 0^s	55.1	17.7	1.818	30.2	17.7	1.057	0.98	1.439	0.0824	17.7	0.0831	0.0801	+ 0.0030
55.1	17.8	1.814	8.8	17.8	0.317	5^m 0^s	45.1	18.0	1.488	18.5	18.1	0.647	1.01	1.067	0.0877	17.9	0.0884	0.0889	— 0.0005
31.9	18.0	1.050	7.5	18.1	0.268	10^m 0^s	25.0	18.2	0.824	14.2	18.2	0.497	1.01	0.660	0.107	18.1	0.1080	0.1100	— 0.0020
21.2	18.2	0.698	3.4	18.2	0.122	15^m 0^s	15.8	18.2	0.521	9.3	18.2	0.325	1.15	0.417	0.140	18.2	0.141	0.142	— 0.001
12.5	17.7	0.411	0.5	17.7	0.020	20^m 0^s	8.2	17.7	0.271	4.4	17.7	0.154	0.95	0.214	0.229	17.7	0.231	0.225	+ 0.006
486.1	15.3	16.02	311.3	15.3	11.07	1^m 0^s	439.5	15.4	14.54	359.3	15.5	12.58	1.02	13.55	0.0569	15.4	0.0570	0.0575	— 0.0005
311.4	16.3	10.26	190.6	16.2	6.790	1^m $28^s.5$	278.8	16.0	9.240	222.7	15.9	7.809	1.00	8.524	0.0586	16.1	0.0588	0.0591	— 0.0003
187.8	16.2	6.186	79.5	16.3	2.892	2^m 0^s	162.2	17.2	5.373	106.1	17.2	3.702	1.00	4.538	0.0622	16.7	0.0625	0.0628	— 0.0003
92.4	15.8	3.043	33.9	15.7	1.247	4^m 59^s	75.3	15.7	2.503	51.0	15.7	1.786	1.00	2.145	0.0715	15.7	0.0717	0.0718	— 0.0001
56.3	14.6	1.854	6.8	14.8	0.290	4^m $59^s.5$	45.0	15.0	1.507	17.9	15.0	0.626	0.97	1.069	0.0895	14.8	0.0895	0.0889	+ 0.0006
15.0	14.7	0.494	0.5	14.9	0.033	4^m $59^s.5$	10.4	15.6	0.347	5.0	15.7	0.175	0.96	0.262	0.209	15.2	0.209	0.194	+ 0.015
10.4	14.6	0.342	0	14.7	0.011	14^m 59^s	7.3	14.8	0.244	3.2	15.0	0.112	1.03	0.177	0.287	14.8	0.287	0.263	+ 0.024

$a = 0.0548$ $b = 0.0364.$ $\eta = 0.000\,189$ $\zeta_1 = 0.000\,00\,81.$

Tabell VI.

Rör *A*. Kolsyra.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
409.0	17.9	13.47	305.1	17.9	10.70	2m 0s	372.5	17.8	12.28	339.4	17.8	11.89	1.00	12.08	0.0661	17.8	0.0668	0.0706	— 0.0038
338.1	16.8	11.14	179.7	17.1	6.320	2m 0s	281.3	17.2	9.258	235.2	17.3	8.230	1.02	8.737	0.0717	17.1	0.0722	0.0715	+ 0.0007
281.3	17.3	9.265	92.1	17.4	3.259	2m 0s	219.7	17.5	7.241	151.5	17.6	5.300	1.01	6.266	0.0731	17.4	0.0737	0.0727	+ 0.0010
199.4	16.2	6.568	113.4	16.3	3.985	1m 58s	175.8	16.5	5.789	136.5	16.6	4.774	1.01	5.279	0.0734	16.4	0.0738	0.0736	+ 0.0002
175.9	16.7	5.793	79.4	16.7	2.797	2m 2s	150.5	16.8	4.962	103.7	16.8	3.629	1.00	4.295	0.0752	16.7	0.0756	0.0748	+ 0.0008
150.5	17.0	4.956	79.1	16.9	2.782	2m 2s	133.2	17.0	4.392	95.6	17.1	3.344	1.00	3.868	0.0752	17.0	0.0757	0.0755	+ 0.0002
133.1	16.7	4.383	55.1	16.8	1.943	3m 0s	111.2	16.9	3.665	76.2	17.1	2.664	1.00	3.164	0.0761	16.9	0.0766	0.0771	— 0.0005
111.3	17.4	3.664	48.3	17.4	1.702	3m 0s	95.5	17.5	3.148	63.6	17.5	2.225	1.01	2.685	0.0759	17.4	0.0765	0.0786	— 0.0021
95.4	17.5	3.141	38.5	17.4	1.357	2m 59s	82.0	17.5	2.705	51.3	17.6	1.794	1.00	2.249	0.0812	17.5	0.0819	0.0806	+ 0.0013
82.0	16 9	2.700	31.1	16.9	1.098	3m 0s	71.0	17.0	2.342	41.5	17.2	1.451	0.99	1.898	0.0835	17.0	0.0841	0.0829	+ 0.0012
71.0	17.1	2.338	23.5	17.3	0.831	4m 0s	59.8	17.3	1.971	34.5	17.4	1.207	1.02	1.587	0.0868	17.3	0.0875	0.0858	+ 0.0017
59.8	17.4	1.969	17.2	17.5	0.610	5m 0s	49.4	17.6	1.629	27.5	17.6	0.962	1.04	1.292	0.0893	17.5	0.0901	0.0898	+ 0.0003
49.0	16.3	1.613	9.6	16.4	0.343	5m 0s	40.4	16.4	1.334	17.8	16.5	0.623	1.00	0.978	0.0962	16.4	0.0966	0.0966	± 0
40.4	16.7	1.330	7.6	16.7	0.272	6m 58s	32.1	16.8	1.059	15.3	16.9	0.535	0.97	0.799	0.1023	16.8	0.1030	0.1030	± 0
32.2	17.5	1.060	6.4	17.5	0.229	10m 0s	24.8	17.3	0.819	13.5	17.4	0.473	1.01	0.645	0.1101	17.4	0.1110	0.1113	— 0.0003
24.5	16.3	0.807	6.4	16.4	0.227	9m 59s	19.8	16.5	0.653	11.0	16.7	0.385	1.02	0.518	0.121	16.5	0.121	0.122	— 0.001
19.0	17.4	0.625	2.8	17.3	0.101	15m 0s	14.0	17.2	0.462	7.7	17.3	0.269	1.03	0.365	0.148	17.3	0.149	0.144	+ 0.005
13.8	16.4	0.454	1.1	16.5	0.041	20m 0s	9.2	16.9	0.303	5.2	17.2	0.182	0.93	0.245	0.203	16.7	0.204	0.181	+ 0.023
447.9	15.6	14.76	280.4	15.7	9.852	1m 59s	385.0	16.7	12.64	345.5	17.2	12.04	1.03	12.32	0.0696	16.3	0.0699	0.0706	— 0.0007
332.8	14.1	10.97	199.8	14.3	7.023	2m 0s	285.3	14.3	9.399	246.1	14.4	8.619	1.02	9.002	0.0730	14.3	0.0728	0.0714	+ 0.0014
176.7	14.3	5.822	80.3	14.5	2.829	2m 4s	150.9	14.3	4.979	105.0	14.3	3.680	1.01	4.327	0.0757	14.3	0.0755	0.0747	+ 0.0008
83.6	15.3	2.753	32.2	15.2	1.136	3m 2s	72.2	15.4	2.382	42.9	15.3	1.502	0.99	1.943	0.0837	15.3	0.0838	0.0826	+ 0.0012
18.9	14.2	0.622	3.1	14.3	0.111	15m 0s	14.0	14.3	0.462	8.1	14.4	0.283	1.07	0.370	0.154	14.3	0.153	0.143	+ 0.010
455.8	14.7	15.03	305.2	14.8	10.83	1m 2s.5	411.5	14.7	13.61	349.6	14.7	12.26	1.00	12.93	0.0700	14.7	0.0700	0.0705	— 0.0005
280.2	14.9	9.233	185.7	15.0	6.593	1m 56s	250.3	14.8	8.272	215.8	15.0	7.560	1.01	7.914	0.0713	14 9	0.0713	0.0718	— 0.0005
160.9	14.9	5.300	86.2	15.1	3.092	1m 59s	142.3	15.0	4.719	104.9	15.2	3.672	1.00	4.196	0.0746	15.0	0.0746	0.0749	— 0.0003
47.3	16.3	1.557	4.0	16.3	0.186	6m 1s.5	37.0	16.7	1.239	14.3	17.0	0.499	0.99	0.870	0.0979	16.6	0.0985	0.1002	— 0.0017
11.9	15.4	0.392	0	15.5	0.013	14m 58s.5	8.5	15.5	0.285	3.4	15.5	0.119	1.00	0.202	0.227	15.5	0.228	0.205	+ 0.023
10.3	15.5	0.339	0	15.6	0.011	14m 0s.5	7.6	15.7	0.255	2.8	16.1	0.098	1.03	0.176	0.219	15.7	0.250	0.226	+ 0.024

$a = 0.0683 \quad b = 0.0277 \qquad \eta = 0.000152 \quad \zeta_1 = 0.0000049.$

Tabell VII.

Rör A. Vätgas.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
405.0	17.3	13.34	249.2	17.1	8.754	59^s.2	349.3	17.3	11.51	303.0	17.2	10.61	1.01	11.05	0.121	17.2	0.121	0.121	± 0
348.5	16.8	11.48	162.8	17.1	5.734	1^m 2^s.5	284.1	17.0	9.359	226.1	17.3	7.911	1.03	8.621	0.124	17.0	0.125	0.125	± 0
284.0	17.4	9.354	125.2	17.6	4.412	1^m 1^s	233.9	17.6	7.706	173.4	17.7	6.068	1.00	6.885	0.128	17.6	0.129	0.129	± 0
233.3	17.8	7.683	117.7	17.7	4.141	1^m 3^s.7	198.9	17.7	6.559	150.7	17.7	5.276	1.01	5.915	0.131	17.7	0.132	0.132	± 0
197.9	16.4	6.518	77.8	16.7	2.746	1^m 3^s	165.8	16.7	5 464	108.5	16.7	3.799	1.09	4.632	0.136	16.6	0.137	0.139	— 0.002
151.0	16.9	1.972	71.6	16.9	2.520	1^m 1^s.7	132.5	17.2	4.365	89.7	17.2	3.136	1.01	3.748	0.145	17.0	0.146	0.146	± 0
132.4	17.0	4.360	51.6	16.9	1.821	1^m 30^s.5	109.9	16.9	3.626	73.3	16.9	2.566	1.01	3.093	0.152	16.9	0.152	0.154	— 0.002
109.8	16.9	3.615	47.2	16.6	1.663	1^m 33^s.2	93.2	17.1	3.071	63.2	16.7	2.212	1.01	2.640	0.162	16.8	0.163	0.162	+ 0.001
89.4	17.4	2.943	31.6	17.3	1.117	1^m 30^s.2	76.0	17.4	2.507	44.5	17.4	1.557	1.01	2.031	0.173	17.4	0.175	0.178	— 0.003
76.0	17.4	2.502	26.9	17.4	0.950	1^m 57^s.2	63.1	17.6	2.080	39.2	17.6	1.371	1.00	1.726	0.188	17.5	0.190	0.190	± 0
63.1	17.6	2.077	18.7	17.7	0.663	2^m 30^s.5	50.4	17.7	1.661	31.0	17.7	1.085	1.01	1.371	0.212	17.7	0.213	0.212	± 0.001
50.4	17.6	1.659	12.8	17.4	0.455	2^m 33^s.7	40.3	17.8	1.329	22.4	17.5	0.784	1.00	1.057	0.237	17.6	0.239	0.242	— 0.003
40.3	16.0	1.327	6.6	16.2	0.237	3^m 1^s.2	31.0	16 5	1 022	15.6	16.5	0.545	1.01	0.783	0.284	16.3	0.284	0.289	— 0.005
30.9	16.4	1.017	5.2	16.4	0.187	3^m 29^s.7	23.4	16.7	0.771	12.5	16.4	0.437	1.02	0.603	0.350	16.5	0.352	0.343	+ 0.009
23.3	15.1	0.767	4.4	15.3	0.158	3^m 32^s.9	17.9	15.6	0.590	9.9	15.4	0.346	1.06	0.465	0.451	15.3	0.452	0.413	+ 0.039
17.9	14.5	0.589	0.7	14.4	0.028	3^m 59^s.4	12.9	14.7	0.426	5.5	14.6	0.192	1.01	0.309	0.578	14.5	0.577	0.567	+ 0.010
12.9	14.6	0.425	1.2	14.6	0.044	5^m 0^s.8	9.0	14.7	0.297	4.9	14.7	0.172	1.00	0.234	0.765	14.6	0.765	0.714	+ 0.051
456.8	15.0	15.06	310.8	15.0	10.91	59^s.6	403.8	15.0	13.31	361.9	15.0	12.68	1.01	12.99	0.118	15.0	0.118	0.119	— 0.001
321.5	14.1	10.60	138.0	14.4	4.867	1^m 2^s.7	258.7	14.1	8.534	198.7	14.4	6.961	1.02	7.789	0.130	14.2	0.129	0.126	+ 0.003
249.0	15.4	8.204	92.5	15.7	3.268	1^m 1^s.9	202.4	15.8	6.668	137.8	16.1	4.818	1.01	5.739	0.134	15.7	0.135	0.133	+ 0.002
182.4	16.6	6.007	86.0	16.8	3.028	1^m 3^s.3	156.9	16.7	5.173	109.8	16.8	3.844	0.98	4.513	0.137	16.7	0.138	0.140	— 0.002
135.6	15.8	4.466	51.6	15.9	1.821	1^m 2^s	117.1	16.0	3.862	69.6	16.2	2.434	1.01	3.146	0.154	16.0	0.154	0.153	+ 0.001
63.0	15.7	2.075	21.2	16.0	0.750	2^m 32^s.3	50.9	16.0	1.677	33.1	16.2	1.158	1.03	1.415	0.212	16.0	0.212	0.208	+ 0.004
31.3	16.4	1.030	7.3	16.3	0.260	3^m 31^s.2	24.3	16.3	0.802	14.1	16.2	0.439	1.02	0.646	0.326	16.3	0.327	0.328	— 0.001
10.4	15.3	0.342	0.8	15.4	0.030	5^m 59^s.7	6.9	15.6	0.227	4.1	15.6	0.143	0.99	0.186	0.957	15.5	0.958	0.870	+ 0.088

$a = 0.108$ $b = 0.142.$ $\eta = 0.000096$ $\zeta_1 = 0.000016.$

Tabell VIII.

Rör *B*. Luft.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	$K_{b.T.}$	Δ
461.0	16.5	15.19	261.4	16.7	9.206	$15^m\ 4^s.7$	437.4	16.9	14.39	285.3	17.0	9.981	0.97	12.19	0.00135	16.8	0.00135	0.00134	+ 0.00001
437.4	16.9	14.41	285.3	17.0	10.03	$31^m\ 4^s.2$	406.8	17.2	13.39	315.0	17.4	11.02	0.96	12.21	0.00131	17.1	0.00132	0.00134	— 0.00002
281.0	16.9	9.256	172.3	16.9	6.060	$30^m\ 1^s.8$	264.1	16.9	8.699	188.5	16.8	6.603	0.97	7.654	0.00149	16.9	0.00150	0.00148	+ 0.00002
228.5	17.0	7.526	118.2	17.1	4.167	$30^m\ 0^s.8$	213.8	17.1	7.039	133.0	17.3	4.653	1.00	5.846	0.00158	17.1	0.00159	0.00159	± 0
195.2	17.4	6.428	77.4	17.5	2.741	$40^m\ 0^s.3$	177.3	17.6	5.834	95.3	17.7	3.333	1.00	4.584	0.00172	17.5	0.00173	0.00172	+ 0.00001
141.6	16.2	4.663	47.7	16.0	1.695	$60^m\ 35^s$	121.8	16.0	4.113	64.1	15.7	2.247	1.00	3.179	0.00195	16.0	0.00196	0.00199	— 0.00003
107.4	15.7	3.537	38.4	15.5	1.363	$60^m\ 1^s.9$	96.8	16.0	3.184	49.7	16.3	1.735	1.05	2.455	0.00223	15.9	0.00224	0.00225	— 0.00001
74.6	16.5	2.456	25.1	16.5	0.892	$1^t\ 15^m\ 2^s.9$	66.4	16.8	2.184	33.3	16.7	1.165	1.00	1.674	0.00276	16.6	0.00278	0.00279	— 0.00001
55.2	17.3	1.817	17.3	17.3	0.616	$1^t\ 31^m\ 59^s$	48.2	17.3	1.587	24.0	17.4	0.840	0.97	1.215	0.00344	17.3	0.00347	0.00342	+ 0.00005
36.8	16.7	1.212	12.2	16.4	0.434	$2^t\ 8^m\ 0^s$	31.3	15.7	1.034	17.1	15.6	0.600	0.94	0.820	0.00451	16.1	0.00452	0.00453	— 0.00001
41.5	16.5	1.366	4.7	16.4	0.175	$2^t\ 2^m\ 53^s$	33.9	16.6	1.116	12.3	16.3	0.431	1.02	0.772	0.00473	16.4	0.00475	0.00474	+ 0.00001
21.2	16.0	0.698	3.6	15.9	0.131	$3^t\ 2^m\ 43^s$	16.6	16.3	0.546	8.3	15.9	0.291	1.05	0.416	0.00850	16.0	0.00852	0.00785	+ 0.00067
16.0	16.2	0.527	0.8	16.2	0.032	$2^t\ 33^m\ 0^s$	12.4	16.3	0.408	4.1	16.2	0.143	0.94	0.278	0.0119	16.2	0.0120	0.0112	+ 0.0008
12.4	15.0	0.408	0.3	15.1	0.013	$3^t\ 34^m\ 32^s$	9.1	15.3	0.299	3.6	15.2	0.126	1.03	0.212	0.0147	15.1	0.0147	0.0143	+ 0.0004
11.8	16.3	0.388	0.2	16.4	0.010	$3^t\ 47^m\ 55^s$	8.3	16.7	0.273	3.5	16.5	0.122	0.97	0.198	0.0165	16.5	0.0166	0.0153	+ 0.0013

$a = 0.00111$ $b = 0.00280.$ $\eta = 0.000182$ $\zeta_1 = 0.0000096.$

Tabell IX.

Rör *B*. Kolsyra.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
498.3	15.6	16.43	325.7	15.6	11.45	$31^m\ 52^s.5$	455.9	15.6	15.03	367.9	15.6	12.89	1.03	13.95	0.00154	15.6	0.00154	0.00151	+ 0.00003
372.4	16.6	12.27	211.8	16.7	7.458	$30^m\ 4^s$	340.9	16.6	11.23	242.8	16.7	8.503	1.01	9.866	0.00155	16.6	0.00156	0.00157	— 0.00001
297.5	15.9	9.802	184.0	15.8	6.472	$43^m\ 54^s.3$	272.6	15.5	8.995	209.0	15.5	7.329	1.06	8.149	0.00157	15.7	0.00157	0.00162	— 0.00005
161.7	16.3	5.325	75.5	16.5	2.666	$1^t\ 18^m\ 4^s.8$	140.8	16.3	4.637	95.8	16.5	3.354	1.00	3.995	0.00189	16.4	0.00190	0.00189	+ 0.00001
130.0	15.7	4.282	46.4	16.2	1.647	$1^t\ 18^m\ 35^s$	112.0	15.8	3.687	64.1	16.2	2.244	1.00	2.965	0.00208	16.0	0.00209	0.00208	+ 0.00001
93.2	15.3	3.070	30.2	15.3	1.074	$1^t\ 18^m\ 41^s.2$	81.6	15.0	2.691	41.5	15.2	1.454	1.00	2.072	0.00238	15.2	0.00238	0.00239	— 0.00001
78.2	15.4	2.575	28.3	15.3	1.004	$1^t\ 31^m\ 10^s$	68.7	15.0	2.266	37.4	15.1	1.310	0.99	1.789	0.00247	15.2	0.00247	0.00256	— 0.00009
53.4	15.4	1.759	16.5	15.4	0.588	$1^t\ 44^m\ 59^s.3$	46.7	15.9	1.535	23.3	15.8	0.815	1.01	1.174	0.00320	15.6	0.00321	0.00319	+ 0.00002
35.9	17.7	1.182	11.9	17.7	0.423	$2^t\ 20^m\ 0^s$	30.8	17.2	1.016	16.6	17.3	0.582	0.96	0.801	0.00404	17.5	0.00408	0.00405	+ 0.00003
30.8	16.7	1.014	7.0	16.7	0.251	$2^t\ 32^m\ 59^s$	25.8	17.0	0.848	11.9	17.0	0.416	0.99	0.632	0.00477	16.8	0.00480	0.00477	+ 0.00003
22.0	17.0	0.724	1.6	16.8	0.062	$2^t\ 43^m\ 15^s$	17.5	16.6	0.577	6.3	16.5	0.221	1.08	0.396	0.00778	16.7	0.00783	0.00681	+ 0.00112
10.1	17.6	0.332	0.5	17.6	0.020	$4^t\ 59^m\ 54^s$	7.2	17.4	0.237	3.3	17.4	0.116	1.00	0.176	0.0145	17.5	0.0146	0.0136	+ 0.0010
456.5	17.7	15.04	338.2	17.8	11.87	$30^m\ 58^s$	430.6	17.7	14.19	363.0	17.7	12.72	0.99	13.45	0.00150	17.7	0.00151	0.00151	± 0
372.0	17.5	12.25	252.8	17.6	8.88	$30^m\ 24^s$	348.0	17.5	11.46	276.6	17.6	9.686	1.02	10.57	0.00162	17.5	0.00163	0.00156	+ 0.00007
264.9	17.2	8.725	129.7	17.4	4.576	$1^t\ 3^m\ 0^s$	228.6	17.3	7.526	165.4	17.4	5.791	1.01	6.654	0.00169	17.3	0.00170	0.00168	+ 0.00002
171.1	17.4	5.634	84.3	17.6	2.974	$1^t\ 15^m\ 4^s$	150.0	17.4	4.939	104.9	17.4	3.675	1.01	4.305	0.00187	17.4	0.00188	0.00185	+ 0.00003
84.4	15.8	2.779	27.5	15.7	0.980	$1^t\ 30^m\ 0^s$	73.5	15.7	2.421	38.3	15.7	1.341	1.01	1.880	0.00244	15.7	0.00245	0.00250	— 0.00005
34.0	14.6	1.120	10.1	14.6	0.360	$2^t\ 36^m\ 57^s$	28.7	15.0	0.944	15.2	15.1	0.531	0.97	0.739	0.00427	14.8	0.00426	0.00428	— 0.00002
16.4	14.4	0.540	0.7	14.5	0.029	$3^t\ 0^m\ 0^s$	13.0	14.3	0.428	4.0	14.3	0.140	1.00	0.284	0.00908	14.4	0.00906	0.00896	+ 0.00010
12.9	14.3	0.425	0	14.3	0.004	$3^t\ 11^m\ 59^s$	9.9	14.0	0.326	2.9	13.7	0.102	0.99	0.214	0.0124	14.1	0.0124	0.0114	+ 0.0010

$a = 0.00135$ $b = 0.00216.$ $\eta = 0.000149$ $\zeta_1 = 0.0000060.$

Tabell X.

Rör *B*. Vätgas.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
356.3	17.4	11.74	222.0	17.3	7.808	$19^m\ 57^s$	325.1	17.6	10.70	253.2	17.6	8.856	1.01	9.776	0.00314	17.5	0.00316	0.00314	+ 0.00002
299.6	17.4	9.868	173.1	17.4	6.092	$30^m\ 0^s$	263.4	17.4	8.675	208.8	17.4	7.311	1.02	7.986	0.00345	17.4	0.00347	0.00339	+ 0.00008
203.2	17.3	6.692	104.4	17.4	3.680	$30^m\ 0^s$	178.3	17.4	5.869	128.6	17.4	4.502	1.00	5.186	0.00412	17.4	0.00414	0.00412	+ 0.00002
149.3	17.5	4.916	62.4	17.6	2.207	$44^m\ 58^s$	123.7	17.5	4.073	87.0	17.5	3.046	1.00	3.560	0.00491	17.5	0.00494	0.00508	— 0.00014
104.6	16.8	3.444	35.3	16.8	1.255	$49^m\ 59^s$	84.3	16.9	2.774	55.0	17.0	1.924	1.00	2.349	0.00653	16.9	0.00656	0.00665	— 0.00009
76.1	17.2	2.505	25.1	17.1	0.895	$1^t\ 0^m\ 59^s$	60.1	17.0	1.980	40.7	16.8	1.426	1.01	1.701	0.00833	17.0	0.00838	0.00841	— 0.00003
52.1	17.4	1.715	12.8	17.3	0.459	$1^t\ 1^m\ 0^s$	40.1	17.4	1.320	24.3	17.4	0.850	0.99	1.086	0.01203	17.4	0.01210	0.01202	+ 0.00008
31.0	16.3	1.021	8.3	16.3	0.297	$1^t\ 16^m\ 2^s$	23.4	16.0	0.771	15.4	15.8	0.540	0.97	0.657	0.01853	16.1	0.01858	0.01854	+ 0.00004
20.3	16.3	0.668	1.2	16.3	0.047	$1^t\ 14^m\ 56^s$	14.1	16.5	0.464	7.5	16.4	0.262	1.05	0.360	0.0338	16.4	0.0339	0.0322	+ 0.0017
14.0	16.5	0.461	0.8	16.2	0.032	$59^m\ 57^s$	10.2	16.9	0.335	4.5	16.7	0.157	1.00	0.246	0.0483	16.6	0.0485	0.0461	+ 0.0024
10.1	16.5	0.332	0.2	16.4	0.010	$1^t\ 6^m\ 0^s$	7.2	16.7	0.237	3.3	16.7	0.115	1.10	0.174	0.0691	16.6	0.0694	0.0644	+ 0.0050
400.3	15.2	13.19	307.9	15.4	10.81	$24^m\ 0^s$	377.0	15.4	12.42	331.3	15.6	11.60	1.02	12.01	0.00301	15.4	0.00302	0.00293	+ 0.00009
305.1	14.4	10.05	148.4	14.4	5.239	$26^m\ 2^s$	263.3	14.6	8.670	189.3	14.7	6.624	1.00	7.647	0.00349	14.5	0.00348	0.00345	+ 0.00003
197.3	14.9	6.500	103.0	15.1	3.632	$30^m\ 0^s$	174.1	15.1	5.731	126.0	15.2	4.411	1.01	5.068	0.00414	15.1	0.00414	0.00417	— 0.00003
125.3	15.2	4.127	41.5	15.2	1.476	$34^m\ 3^s$	105.6	15.7	3.471	61.2	15.9	2.137	1.01	2.803	0.00583	15.5	0.00584	0.00594	— 0.00010
64.9	16.3	2.137	22.2	16.3	0.789	$1^t\ 0^m\ 0^s$	51.9	16.0	1.711	31.9	16.0	1.223	1.02	1.465	0.00937	16.1	0.00940	0.00943	— 0.00003
28.9	16.6	0.951	9.8	16.6	0.348	$1^t\ 0^m\ 0^s$	23.4	17.3	0.768	15.1	17.4	0.527	0.98	0.649	0.0191	17.0	0.0192	0.00187	+ 0.0005
14.9	16.7	0.490	0.3	16.7	0.015	$1^t\ 0^m\ 0^s$	10.5	16.8	0.345	4.3	16.9	0.150	0.94	0.250	0.0481	16.8	0.0484	0.0454	+ 0.0030
10.5	17.0	0.346	0	16.7	0.003	$1^t\ 1^m\ 0^s$	7.4	17.6	0.243	2.9	17.3	0.101	0.96	0.173	0.0678	17.1	0.0681	0.0647	+ 0.0034

$a = 0.00203$ $b = 0.0108.$ $\eta = 0.000099$ $\zeta_1 = 0.000020.$

Tabell XI.

Rör *C*. Luft.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
471.0	17.1	15.52	253.4	17.2	8.921	7m 58s	432.7	17.0	14.29	290.2	17.2	10.16	1.01	12.22	0.00391	17.1	0.00393	0.00388	+ 0.00005
439.4	16.6	14.48	278.9	16.7	9.802	17m 59s	393.6	16.9	12.97	323.6	17.0	11.32	1.00	12.14	0.00388	16.8	0.00390	0.00388	+ 0.00002
357.4	17.3	11.77	176.2	17.4	6.209	10m 3s	326.3	17.3	10.77	206.4	17.3	7.230	1.02	8.997	0.00405	17.3	0.00407	0.00404	+ 0.00003
326.3	17.3	10.75	206.4	17.3	7.252	19m 0s	295.3	17.0	9.749	235.6	17.0	8.260	1.01	9.002	0.00405	17.1	0.00407	0.00404	+ 0.00003
272.1	16.7	8.963	103.2	16.9	3.651	13m 57s	241.8	17.3	7.970	133.2	17.5	4.653	1.01	6.309	0.00434	17.1	0.00436	0.00430	+ 0.00006
241.8	17.3	7.964	133.2	17.5	4.687	20m 58s	216.6	17.6	7.136	157.9	17.7	5.524	1.01	6.328	0.00434	17.5	0.00437	0.00430	+ 0.00007
187.5	17.7	6.174	61.6	18.0	2.185	17m 59s	166.1	18.7	5.466	82.5	18.7	2.880	0.98	4.176	0.00468	18.3	0.00472	0.00476	— 0.00004
144.8	16.0	4.769	39.8	16.1	1.417	20m 59s	127.1	16.3	4.197	56.9	16.2	1.991	1.00	3.093	0.00522	16.1	0.00524	0.00523	+ 0.00001
127.1	16.3	4.186	56.9	16.2	2.008	30m 0s	112.1	16.3	3.701	71.3	16.3	2.495	1.00	3.097	0.00516	16.3	0.00518	0.00523	— 0.00005
94.3	16.6	3.105	16.9	16.7	0.609	25m 0s	82.5	16.7	2.727	28.3	16.8	0.990	1.01	1.858	0.00633	16.7	0.00636	0.00643	— 0.00007
82.3	16.0	2.710	28.0	16.0	0.993	35m 0s	71.9	16.6	2.369	38.3	16.6	1.338	1.01	1.852	0.00638	16.3	0.00640	0.00645	— 0.00005
64.4	17.0	2.120	8.9	17.2	0.324	30m 1s	55.8	17.0	1.846	16.8	16.9	0.589	0.96	1.220	0.00790	17.0	0.00795	0.00802	— 0.00007
55.8	17.0	1.837	16.8	16.9	0.597	40m 3s	48.8	17.7	1.607	24.0	17.7	0.837	1.05	1.219	0.00791	17.3	0.00796	0.00802	— 0.00006
48.1	15.7	1.584	3.4	16.0	0.129	34m 56s	41.2	16.0	1.362	10.1	16.0	0.354	1.01	0.857	0.00994	15.9	0.00996	0.00996	+ 0.
41.2	16.0	1.357	10.1	16.0	0.361	54m 58s	34.5	16.2	1.139	16.5	16.3	0.577	0.99	0.858	0.00983	16.1	0.00986	0.00996	— 0.00010
34.4	16.4	1.133	0.8	16.4	0.036	1t 42m 59s	24.1	16.4	0.796	10.9	16.4	0.382	1.03	0.587	0.0131	16.4	0.01313	0.01298	+ 0.00015
25.9	15.6	0.853	0.3	15.8	0.016	59m 58s	20.6	15.8	0.681	5.5	16.0	0.192	1.03	0.436	0.0167	15.8	0.0167	0.0163	+ 0.0004
20.6	15.8	0.678	5.5	16.0	0.196	1t 15m 0s	16.8	16.0	0.554	9.3	16.2	0.325	1.04	0.438	0.0183	16.0	0.0184	0.0162	+ 0.0022
17.6	16.5	0.579	0.2	16.4	0.011	1t 30m 0s	12.9	17.2	0.425	4.7	16.7	0.164	1.00	0.295	0.0237	16.7	0.0238	0.0224	+ 0.0014
16.9	16.4	0.556	0.3	17.0	0.014	1t 30m 0s	12.2	16.6	0.403	4.7	16.7	0.165	0.98	0.285	0.0260	16.7	0.0261	0.0231	+ 0.0030
12.9	16.5	0.425	0.2	16.7	0.010	1t 30m 0s	9.4	17.3	0.310	3.5	17.2	0.122	0.98	0.217	0.0330	16.9	0.0332	0.0293	+ 0.0039
12.4	16.5	0.408	0.2	16.3	0.010	1t 30m 0s	9.3	17.3	0.307	3.2	17.2	0.112	1.00	0.209	0.0308	16.8	0.0309	0.0303	+ 0.0006

$a = 0.00342$ $b = 0.00561.$ $\eta = 0.000187$ $\zeta_1 = 0.0000095.$

Tabell XII.

Rör *C*. Kolsyra.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
491.3	15.6	16.20	303.3	15.5	10.67	13^m 1^s	439.0	15.7	14.48	354.2	15.8	12.40	1.01	13.43	0.00453	15.6	0.00454	0.00466	— 0.00012
350.2	16.0	11.54	239.1	16.0	8.398	14^m 59^s	322.3	16.0	10.63	266.3	16.0	9.328	1.02	9.973	0.00479	16.0	0.00480	0.00477	+ 0.00003
204.9	16.2	6.749	90.7	16.3	3.201	18^m 0^s	182.1	17.0	5.993	113.8	16.8	3.977	1.03	4.980	0.00511	16.6	0.00514	0.00516	— 0.00002
150.0	15.8	4.940	67.4	15.8	2.378	27^m 0^s	131.3	16.3	4.325	85.8	16.3	2.998	1.01	3.660	0.00540	16.0	0.00542	0.00545	— 0.00003
116.2	16.0	3.827	38.6	16.1	1.369	30^m 10^s	99.9	16.2	3.297	54.6	16.2	1.911	0.99	2.601	0.00592	16.1	0.00594	0.00588	+ 0.00006
78.9	14.8	2.599	22.4	14.6	0.797	29^m 59^s	69.1	14.5	2.287	31.9	14.6	1.117	1.03	1.700	0.00687	14.6	0.00686	0.00669	+ 0.00017
52.7	14.7	1.736	10.6	15.0	0.381	39^m 59^s	45.8	15.5	1.510	17.5	15.4	0.612	1.02	1.060	0.00787	15.1	0.00788	0.00809	— 0.00021
31.1	14.4	1.024	2.7	14.4	0.101	55^m 58^s	25.9	14.6	0.857	7.5	14.7	0.262	0.96	0.561	0.01134	14.5	0.01132	0.01139	— 0.00007
19.3	14.0	0.636	0.3	14.1	0.015	1^h 15^m 0^s	15.4	14.7	0.508	3.9	14.8	0.136	0.95	0.324	0.0171	14.4	0.0170	0.0165	+ 0.0005
15.4	14.7	0.507	0.3	14.8	0.014	1^h 45^m 59^s	11.3	15.9	0.372	4.0	16.0	0.139	0.93	0.258	0.0223	15.3	0.0223	0.0196	+ 0.0027
11.3	14.1	0.372	0.2	14.3	0.010	1^h 44^m 59^s	8.6	14.1	0.284	3.1	14.0	0.109	1.13	0.194	0.0289	14.1	0.0288	0.0247	+ 0.0041
481.4	16.4	15.87	229.3	16.4	8.087	9^m 57^s	422.6	16.5	13.95	287.0	16.7	10.04	1.02	11.99	0.00468	16.5	0.00470	0.00470	+ 0
325.3	14.4	10.72	167.5	14.5	5.901	15^m 1^s	287.4	14.7	9.477	205.3	14.8	7.184	1.03	8.321	0.00482	14.6	0.00481	0.00484	— 0.00003
236.5	14.9	7.792	93.7	15.0	3.313	19^m 58^s	202.9	15.4	6.688	126.9	15.5	4.436	1.02	5.557	0.00502	15.2	0.00503	0.00508	— 0.00005
202.9	15.4	6.684	126.9	15.5	4.460	28^m 0^s	182.4	15.8	6.005	147.6	15.8	5.163	1.04	5.578	0.00504	15.6	0.00505	0.00508	— 0.00003
166.4	15.4	5.481	37.4	15.5	1.339	24^m 57^s	138.5	15.8	4.571	64.4	15.7	2.253	1.00	3.411	0.00553	15.6	0.00554	0.00552	+ 0.00002
138.5	15.8	4.562	64.4	15.7	2.271	30^m 2^s	121.1	16.2	3.990	81.5	15.9	2.851	1.01	3.418	0.00552	15.9	0.00554	0.00552	+ 0.00002
98.4	16.0	3.240	4.5	16.3	0.180	28^m 0^s	83.1	16.4	2.747	19.5	16.5	0.682	1.02	1.712	0.00665	16.3	0.00668	0.00667	+ 0.00001
83.1	16.4	2.736	19.5	16.5	0.697	45^m 58^s	68.1	16.5	2.249	33.9	16.5	1.187	1.01	1.717	0.00670	16.5	0.00674	0.00666	+ 0.00008
54.1	15.7	1.782	2.6	15.7	0.103	35^m 0^s	46.4	16.3	1.532	10.0	16.4	0.349	0.98	0.941	0.00861	16 0	0.00864	0.00856	+ 0.00008
46.4	16.3	1.528	10.0	16.4	0.358	1^h 10^m 0^s	37.3	16.4	1.232	18.6	16.4	0.651	0.99	0.942	0.00860	16.4	0.00865	0.00855	+ 0.00010
29.6	16.7	0.974	0.1	16.4	0.010	1^h 16^m 0^s	23.0	16.7	0.761	6.4	16.6	0.224	1.00	0.492	0.0127	16.6	0.0127	0.0124	+ 0.0003
15.6	15.7	0.514	0.3	16.0	0.014	1^h 52^m 0^s	11.3	15.7	0.374	4.1	15.7	0.144	0.93	0.261	0.0215	15.8	0.0215	0.0195	+ 0.0020
11.3	14.8	0.372	0.1	14.8	0.006	1^h 45^m 2^s	8.4	15.4	0.277	3.1	15.4	0.108	1.08	0.191	0.0313	15.1	0.0313	0.0251	+ 0.0062

$a = 0.00437$ $b = 0.00394.$ $\eta = 0.000146$ $\zeta_1 = 0.0000052.$

Tabell XIII.

Rör *C*. Vätgas.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
498.7	16.8	16.44	301.9	16.7	10.62	6m 0s	447.5	17.0	14.75	350.2	17.0	12.25	0.97	13.52	0.0084	16.9	0.0085	0.0084	+ 0.0001
447.5	17.0	14.75	350.2	17.0	12.29	11m 2s	418.3	17.0	13.79	378.2	17.2	13.24	0.99	13.51	0.0082	17.0	0.0082	0.0084	— 0.0002
320.1	16.4	10.55	192.3	16 4	6.761	10m 59s	281.6	16.6	9.279	229.2	16.6	8.021	0.99	8.652	0.0094	16.5	0.0094	0.0093	+ 0.0001
261.3	16.8	8.607	122.9	16.8	4.334	16m 59s	212.5	16.8	7.007	169.4	16.7	5.934	1.00	6.470	0.0102	16.8	0.0102	0.0101	+ 0.0001
196.3	17.3	6.464	80.1	17.3	2.830	20m 12s	157.6	20.0	5.143	120.2	20.0	4.165	1.01	4.650	0.0113	18.6	0.0114	0.0114	± 0
97.1	15.7	3.198	20.6	15.7	0.739	25m 59s	72.1	15.7	2.380	44.8	15.7	1.568	1 01	1.971	0.0175	15.7	0.0176	0.0177	— 0.0001
63.0	15.8	2.075	12.1	15.7	0.435	28m 59s	46.6	15.7	1.539	27.8	15.6	0.974	1.00	1.256	0.0237	15.7	0.0238	0.0239	— 0 0001
38.2	15.7	1.258	3.4	15.7	0.127	30m 59s	27.3	16.0	0.901	14.0	16.0	0.490	1.02	0.694	0.0381	15.8	0.0382	0.0377	+ 0.0005
19.6	16.7	0.645	0.2	16.9	0.012	30m 3s	13.5	17.4	0.445	6.0	17.4	0.210	0.99	0.328	0.082	17.1	0.082	0.072	+ 0.010
13.6	16.6	0.448	0.1	16.7	0.007	29m 0s	9.6	16.8	0.317	3.9	16.8	0.136	0.99	0.227	0.110	16.7	0 110	0.101	+ 0.009
488.7	16.3	16.11	315.8	16.3	11.10	5m 59s	445.8	16.5	14.70	357.8	16.4	12.53	1.01	13.61	0.0083	16.4	0.0084	0.0084	± 0
349.7	16.8	11.52	253.6	16.8	8.901	11m 58s	320.0	16.8	10.55	282.1	16.7	9.884	1.01	10.21	0.0091	16.8	0.0092	0.0089	+ 0.0003
308.9	17.3	10.18	100.7	17.4	3.572	11m 3s	248.6	17.5	8.200	159.6	17.7	5.581	1.02	6.882	0.0099	17.5	0.0099	0.0099	± 0
247.5	17.5	8.151	159.6	17.7	5.605	16m 1s	218.6	17.5	7.204	186.7	17.5	6.542	0.99	6.875	0.0099	17.5	0.0100	0.0099	+ 0.0001
206.1	16.2	6.789	78.2	16.0	2.767	12m 58s	170.6	16.2	5.631	111.7	16.2	3.908	0.98	4.773	0.0111	16.1	0.0111	0.0113	— 0.0002
170.6	16.2	5.619	111.7	16.2	3.923	17m 57s	152.7	16.3	5.031	129.2	16.3	4.522	1.02	4.776	0.0114	16.2	0.0114	0.0113	+ 0.0001
144.5	16.4	4.759	33.6	16.2	1.202	13m 2s	117.9	16.3	3.897	58.4	16.0	2.046	0.98	2.976	0.0137	16.2	0.0137	0.0140	— 0.0003
117.9	16.3	3.883	58.4	16.0	2.058	17m 56s	102.2	18.0	3 349	75.2	18.0	2.613	1.04	2.976	0.0138	17.1	0.0139	0.0140	— 0.0001
92.1	16.4	3.033	2.8	17.0	0.119	15m 56s	71.2	16.4	2.355	22.7	16.4	0.796	1.00	1.576	0.0202	16.5	0.0203	0.0204	— 0.0001
71.2	16.4	2.344	22.7	16.4	0.806	17m 59s	59.4	16.3	1.962	34.3	16.3	1.201	1.03	1.578	0.0201	16.3	0.0202	0.0204	— 0.0002
34.1	16.4	1.123	2.6	16.4	0.098	23m 0s	25.9	16.6	0.856	10.2	16.5	0.357	0.97	0.608	0.0418	16.5	0.0419	0.0421	— 0.0002
16.8	15.9	0.553	0.1	16.0	0.007	25m 58s	12.3	16.3	0.406	4.4	16.2	0.154	1.00	0.280	0.086	16.1	0.086	0.083	+ 0.003
12.3	16.3	0.405	0.1	16.3	0.006	25m 1s	9.0	16.4	0.297	3.3	16.3	0.115	1.01	0.206	0.123	16.3	0.124	0.111	+ 0.013

$a = 0.00677$ $b = 0.02149.$ $\eta = 0.000094$ $\zeta_1 = 0.000018.$

Tabell XIV.

Rör C, förkortadt. Luft.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{hr}	Δ
433.9	14.6	14.30	276.2	14.8	9.712	8^m 4^s	400.7	15.4	13.19	309.3	15.4	10.81	0.98	12.00	0.00552	15.0	0.00552	0.00546	+ 0.00006
340.0	14.3	11.21	223.1	14.7	7.842	13^m 0^s	310.6	14.5	10.24	251.4	14.7	8.808	1.00	9.524	0.00559	14.5	0.00558	0.00561	— 0.00003
255.4	15.0	8.415	111.0	14.8	3.922	15^m 3^s	221.3	15.7	7.289	145.1	15.8	5.063	1.01	6.172	0.00613	15.3	0.00613	0.00602	+ 0.00011
186.4	14.6	6.141	78.4	14.4	2.772	16^m 0^s	164.2	14.8	5.419	100.2	15.2	3.499	1.01	4.458	0.00639	14.7	0.00639	0.00647	— 0.00008
125.7	14.6	4.141	34.3	14.6	1.223	21^m 0^s	107.4	14.7	3.549	51.9	14.8	1.816	1.00	2.682	0.00750	14.7	0.00749	0.00753	— 0.00004
89.6	14.2	2.952	17.5	14.4	0.631	22^m 57^s	76.9	14.5	2.541	30.2	14.6	1.057	1.04	1.795	0.00880	14.4	0.00879	0.00885	— 0.00006
50.7	13.4	1.670	3.8	13.5	0.145	35^m 0^s	41.2	13.8	1.362	12.6	14.0	0.440	0.96	0.904	0.01289	13.7	0.01285	0.01279	+ 0.00006
25.0	14.5	0.823	2.6	14.7	0.097	45^m 0^s	20.1	14.5	0.665	7.0	14.7	0.245	0.94	0.458	0.0216	14.6	0.0216	0.0205	+ 0.0011
15.2	13.9	0.501	0	14.3	0.004	1^t 0^m 0^s	11.4	13.9	0.377	3.5	14.3	0.123	0.96	0.251	0.0359	14.1	0.0358	0.0334	+ 0.0024
11.4	15.4	0.375	0	15.5	0.003	1^t 0^m 0^s	8.5	15.1	0.282	2.6	15.2	0.091	0.94	0.188	0.0483	15.3	0.0483	0.0430	+ 0.0053

$a = 0.00486$ $b = 0.00717.$ $\eta = 0.000184$ $\zeta_1 = 0.0000085.$

Tabell XV.

Rör *C*, förkortadt. Kolsyra.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
456.4	13.4	15.05	305.1	13.5	10.73	$7^m\ 59^s$	420.2	13.6	13.86	341.2	13.7	11.95	1.03	12.90	0.00644	13.5	0.00641	0.00647	— 0.00006
321.6	14.0	10.60	154.1	14.5	5.437	$13^m\ 0^s$	276.2	14.1	9.115	198.1	14.4	6.942	1.01	8.023	0.00673	14.2	0.00671	0.00673	— 0.00002
182.7	14.3	6.020	87.2	14.3	3.077	$16^m\ 1^s$	161.0	14.4	5.314	108.0	14.6	3.778	0.99	4.547	0.00724	14.4	0.00722	0.00725	— 0.00003
126.2	15.3	4.157	36.7	15.5	1.307	$23^m\ 0^s$	106.1	15.9	3.498	56.3	16.2	1.966	1.00	2.732	0.00801	15.7	0.00803	0.00804	— 0.00001
61.4	17.0	2.021	8.5	17.0	0.311	$34^m\ 59^s$	50.2	16.7	1.663	18.8	16.8	0.659	0.97	1.163	0.01061	16.9	0.01068	0.01073	— 0.00005
27.0	17.4	0.889	2.8	17.6	0.104	$50^m\ 0^s$	21.9	17.2	0.725	7.5	17.3	0.263	0.97	0.495	0.0173	17.4	0.0175	0.0171	+ 0.00004
15.1	15.9	0.497	0.2	16.1	0.011	$1^t\ 10^m\ 59^s$	11.4	16.7	0.376	3.6	16.6	0.126	0.95	0.252	0.0301	16.3	0.0302	0.0277	+ 0.0025
10.4	15.8	0.342	0	16.2	0.003	$1^t\ 11^m\ 0^s$	8.0	16.7	0.264	2.4	16.6	0.084	1.03	0.173	0.0420	16.3	0.0421	0.0375	+ 0.0046
337.9	15.6	11.13	198.5	15.8	6.984	$10^m\ 0^s$	304.6	15.9	10.04	230.8	16.1	8.075	1.00	9.058	0.00669	15.8	0.00671	0.00665	+ 0.00006
238.2	16.3	7.846	135.9	16.6	4.781	$15^m\ 0^s$	213.4	17.3	7.012	161.7	17.3	5.647	1.04	6.321	0.00692	16.9	0.00696	0.00692	+ 0.00004
64.0	15.4	2.108	15.4	15.6	0.551	$34^m\ 58^s$	53.4	16.3	1.759	25.5	16.3	0.890	0.97	1.327	0.01019	15.9	0.01022	0.01015	+ 0.00007
13.4	15.7	0.441	0.1	15.8	0.007	$1^t\ 12^m\ 0^s$	10.3	16.6	0.340	3.3	16.7	0.115	1.07	0.226	0.0329	16.2	0.0330	0.0301	+ 0.0029

$a = 0.00605$ $b = 0.00545.$ $\eta = 0.000148$ $\zeta_1 = 0.0000052.$

Tabell XVI.

Rör *C*, förkortadt. Vätgas.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
461.9	14.4	15.23	315.0	14.4	11.07	4m 0s	427.6	14.4	14.11	348.0	14.6	12.19	1.00	13.15	0.0119	14.4	0.0119	0.0114	+ 0.0005
348.2	14.9	11.48	204.6	15.4	7.199	7m 58s	305.6	15.7	10.05	247.6	16.2	8.647	1.02	9.343	0.0121	15.5	0.0121	0.0123	− 0.0002
228.4	14.4	7.526	122.8	14.4	4.325	9m 59s	196.7	14.4	6.489	153.3	14.4	5.370	1.01	5.927	0.0144	14.4	0.0144	0.0141	+ 0.0003
138.3	13.8	4.557	46.4	13.8	1.647	10m 6s	115.5	14.0	3.813	68.5	14.3	2.395	1.01	3.103	0.0186	14.0	0.0185	0.0185	± 0
68.7	14.2	2.263	17.4	14.2	0.622	16m 59s	54.3	13.8	1.796	31.5	14.0	1.104	1.03	1.446	0.0285	14.0	0.0284	0.0291	− 0.0007
32.9	13.7	1.084	4.1	13.7	0.151	17m 0s	25.4	14.0	0.839	11.2	14.3	0.391	0.98	0.616	0.0568	13.9	0.0566	0.0559	+ 0.0007
13.4	13.7	0.441	0.2	13.8	0.010	19m 59s	9.8	13.8	0.324	3.8	14.3	0.133	1.04	0.227	0.145	13.9	0.145	0.136	+ 0.009
418.5	13.6	13.80	262.4	13.7	9.230	4m 0s	383.8	13.7	12.67	296.1	13.8	10.37	1.01	11.52	0.0121	13.7	0.0121	0.0117	+ 0.0004
264.6	13.8	8.720	153.3	14.3	5.395	7m 59s	233.7	13.7	7.714	183.0	14.0	6.418	1,01	7.062	0.0135	13.9	0.0135	0.0134	+ 0.0001
136.7	13.5	4.504	44.3	13.6	1.574	10m 1s	114.4	13.7	3.777	65.8	14.0	2.301	1.00	3.039	0.0183	13.7	0.0182	0.0187	− 0.0005
48.9	13.3	1.611	2.4	13.7	0.096	17m 0s	36.4	13.6	1.203	14.1	13.7	0.494	0.98	0.851	0.0426	13.6	0.0424	0.0431	− 0.0007
11.1	13.3	0.366	0	13.4	0.003	19m 58s	8.0	13.6	0.264	3.1	13.7	0.108	1.04	0.185	0.185	13.5	0.184	0.169	+ 0.015

$a = 0.00921$ $b = 0.0288.$ $\eta = 0.000097$ $\zeta_1 = 0.000018.$

Tabell XVII.

Rör *C*, förkortadt och försilfradt. Luft.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
136.6	16.3	15.28	309.5	16.3	10.88	9m 0s	427.9	16.1	14.13	344.5	16.3	12.07	1.04	13.09	0.00523	16.2	0 00525	0.00531	— 0.00006
355.4	16.2	11.71	219.2	16 4	7.708	12m 57s	321.0	16.3	10.58	253.3	16.5	8.868	1.03	9.717	0.00545	16.3	0.00547	0.00546	+ 0.00001
292.9	15.8	9.650	183.8	16.3	6.460	16m 57s	263.7	16.2	8.683	212.6	16.4	7.443	1.02	8.059	0.00561	16 2	0.00563	0.00558	+ 0.00005
201.8	17.0	6.646	104.9	17.5	3.695	15m 59s	182.0	17.6	5.992	124.9	17.9	4.366	1.03	5.175	0.00584	17.5	0.00588	0.00599	— 0.00011
158.5	18.0	5.219	48.8	18 3	1.735	19m 59s	135.6	18.1	4.478	70.6	18.3	2.471	0.99	3.476	0.00644	18.2	0.00650	0.00654	— 0.00004
94.0	17.4	3.095	27.0	17.7	0.961	37m 0s	77.5	17.8	2.555	43.4	18.0	1.517	1.03	2.032	0.00777	17.7	0.00783	0.00772	+ 0.00011
56.7	16.5	1.867	6.3	16.7	0.233	46m 0s	45.3	17.0	1.496	17.6	17.3	0.615	1.03	1.053	0.01034	16.9	0.01040	0.01039	+ 0.00001
55 4	17.0	1.824	7.4	17.3	0.271	46m 2s	44.2	16.8	1.462	17.8	16.9	0.624	0.98	1.045	0.01040	17.0	0.01046	0.01043	+ 0.00003
26.2	17.3	0 862	1.1	17.7	0.045	1t 0m 1s	20.6	17.8	0 680	6.7	18.2	0.234	1.04	0.455	0.0180	17.7	0.0181	0.0176	+ 0.0005
20.3	17.4	0.668	0.4	17.7	0.019	1t 0m 0s	16.1	17.9	0.532	4.6	18.3	0.161	1.03	0.345	0.0219	17.8	0.0221	0.0217	+ 0.0004
17.4	17.7	0.573	0	17.9	0.004	1t 10m 0s	13.1	17.2	0.434	4.1	17.5	0.144	1.01	0.289	0.0269	17.6	0.0271	0.0250	+ 0.0021
13.1	17.8	0.431	0	18.0	0 003	1t 12m 58s	9.7	18.8	0.319	3.4	18.8	0.119	1.03	0.218	0.0385	18.3	0.0389	0.0315	+ 0.0074
12.2	17.7	0.402	0.1	18.0	0.006	1t 15m 0s	9.1	18.0	0.301	3.2	18.1	0.112	1.04	0.205	0.0389	17.9	0.0393	0.0332	+ 0.0061

$a = 0.00486$ $b = 0.00582.$ $\eta = 0.000184$ $\zeta_1 = 0.0000069.$

Tabell XVIII.

Rör *C*, förkortadt och försilfradt. Kolsyra.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
448.7	15.3	14.79	299.6	15.4	10.53	7m 58s	413.5	15.4	13.64	334.0	15.5	11.70	1.01	12.66	0.00632	15.4	0.00633	0.00635	— 0.00002
343.2	15.7	11.31	206.4	15.8	7.259	12m 0s	306.7	15.9	10.11	241.6	16.0	8.456	1.00	9.283	0.00652	15.8	0.00653	0.00649	+ 0.00004
206.0	16.3	6.785	114.6	16.6	4.033	15m 58s	184.4	16.4	6.081	135.5	16 6	4.744	1.01	5.411	0.00677	16.5	0.00681	0.00684	— 0.00003
136.9	16.4	4.508	50.4	16 5	1.785	23m 1s	116.8	16.3	3.859	69.6	16.3	2.438	1.01	3.147	0.00728	16 4	0.00731	0.00746	— 0.00015
73.4	16.8	2.417	18.3	16.9	0.654	40m 59s	60.0	17.2	1.979	31.3	17.3	1.094	1.00	1.536	0.00888	17.0	0.00894	0 00899	— 0.00005
43.3	16.8	1.426	1.1	17.0	0.049	53m 0s	34.0	17.0	1.124	10.2	17.0	0 357	1 02	0.739	0.01211	16.9	0.01221	0.01223	— 0.00002
18.9	16.7	0.622	0	16.8	0.005	1t 15m 0s	14.4	16.6	0.477	4.1	16.9	0.143	0 95	0 312	0 0214	16.8	0 0215	0.0208	+ 0.0007
10.9	15.8	0.359	0	15.8	0.003	1t 24m 59s	8.3	16 1	0.274	2.5	16.3	0.087	1.00	0.181	0.0340	16.0	0.0341	0.0315	+ 0.0026
395.9	15.6	13.05	225.9	15.7	7.952	9m 0s	351.6	15.5	11.71	265.7	15.6	9.311	1.01	10.50	0.00647	15.6	0.00649	0.00643	+ 0.00006
231.5	15.0	7.627	110.6	15.1	3 901	14m 59s	202.3	15.4	6.668	139.4	15.4	4.877	1.02	5.768	0.00687	15 2	0.00688	0.00679	+ 0.00009
164.7	15.1	5.425	65.4	15.3	2.314	20m 0s	141.3	15.2	4.665	88.4	15.4	3.094	1.03	3.874	0.00715	15.2	0.00715	0.00718	— 0.00003
64.3	15.2	2.118	4.5	15.3	0.172	45m 0s	50.2	15.3	1.661	18.3	15.6	0.640	1.02	1.148	0 01013	15.3	0.01014	0.01001	+ 0.00013
16.9	15.4	0.556	0	15 5	0.004	1t 20m 0s	12.8	15.4	0.424	3.7	15.7	0.129	0.94	0.278	0.0229	15.5	0.0229	0.0226	+ 0.0003
12.8	14.7	0.421	0	14.7	0.003	1t 24m 59s	9.6	15.6	0.317	3.3	14.7	0.115	1.07	0.214	0.0326	14.9	0.0326	0.0276	+ 0.0050

$a = 0.00599$ $b = 0.00461.$ $\eta = 0.000150$ $\zeta_1 = 0.0000044.$

Tabell XIX.

Rör *C*, förkortadt och försilfradt. Vätgas.

H_1	T_1	P_1	H_2	T_2	P_2	tid	h_1	t_1	p_1	h_2	t_2	p_2	$\frac{W_1}{W_2}$	P	K	T	K_{15}	K_{ber}	Δ
430.9	16.3	14.20	303.4	16.3	10.65	$3^m\ 59^s$	404.0	16.3	13.33	329.8	16.3	11.55	1.03	12.43	0.0113	16.3	0.0114	0.0111	+ 0.0003
310.7	16.3	10.24	182.8	16.4	6.430	$8^m\ 27^s$	273.7	16.8	9.009	219.5	16.8	7.675	1.01	8.337	0.0121	16.6	0.0121	0.0120	+ 0.0001
189.7	16.0	6.248	78.1	16.3	2.761	$9^m\ 0^s$	162.4	16.3	5.356	104.5	16.3	3.659	1.01	4.506	0.0144	16.2	0.0144	0.0144	± 0
76.2	16.7	2.509	20.9	16.7	0.745	$17^m\ 0^s$	61.3	16.4	2.027	35.3	16.6	1.236	1.02	1.629	0.0235	16.6	0.0236	0.0234	+ 0.0002
40.7	17.0	1.340	3.4	16.9	0.128	$18^m\ 58^s$	31.3	17.5	1.033	12.5	17.7	0.436	1.00	0.734	0.0412	17.3	0.0415	0.0407	+ 0.0008
21.4	15.7	0.705	0	16.1	0.005	$22^m\ 0^s$	16.1	16.2	0.532	5.4	16.4	0.189	1.06	0.358	0.0734	16.1	0.0736	0.0737	— 0.0001
16.1	16.2	0.530	0.1	16.4	0.007	$24^m\ 59^s$	11.3	15.7	0.374	4.3	15.6	0.151	0.92	0.266	0.104	16.0	0.104	0.096	+ 0.008
11.3	15.6	0.372	0	15.6	0.003	$25^m\ 0^s$	8.1	16.3	0.267	3.4	16.5	0.119	1.10	0.190	0.155	16.0	0.156	0.131	+ 0.025
489.0	16.4	16.12	310.7	16.4	10.92	$4^m\ 0^s$	448.1	16.7	14.77	352.1	16.7	12.32	1.04	13.53	0.0113	16.5	0.0113	0.0109	+ 0.0004
348.4	15.7	11.48	215.1	15.8	7.564	$4^m\ 59^s$	319.1	16.1	10.51	244.6	16.3	8.551	1.02	9.527	0.0118	16.0	0.0118	0.0117	+ 0.0001
225.8	16.1	7.438	113.1	16.4	3.936	$7^m\ 58^s$	198.3	16.4	6.536	140.0	16.5	4.900	1.01	5.715	0.0133	16.3	0.0135	0.0133	± 0
134.5	15.7	4.430	47.2	15.8	1.673	$12^m\ 0^s$	112.7	16.2	3.714	68.6	16.1	2.399	1.01	3.054	0.0164	15.9	0.0164	0.0168	— 0.0004
96.3	14.9	3.172	37.1	15.1	1.313	$15^m\ 2^s$	80.9	14.9	2.671	52.1	15.2	1.824	1.02	2.245	0 0189	15.0	0.0189	0.0195	— 0.0006
61.0	15.7	2.009	3.3	15.8	0.130	$17^m\ 58^s$	46.3	15.9	1.530	17.3	16.2	0.605	0.99	1.068	0.0299	15.9	0.0300	0.0309	— 0.0009
51.2	14.3	1.686	1.5	14.6	0.065	$18^m\ 0^s$	38.7	14.5	1.280	13.4	14.7	0.469	1.00	0.875	0.0356	14.5	0.0356	0.0356	± 0
26.3	15.7	0.866	0.2	15.8	0.014	$20^m\ 59^s$	19.5	15.7	0.645	6.4	15.7	0.224	0.95	0.437	0.0625	15.7	0.0626	0.0621	+ 0.0005
13.3	16.0	0.438	0	16.3	0.003	$24^m\ 1^s$	9.6	16.4	0.317	3.4	16.5	0.119	0.96	0.269	0.121	16.3	0.121	0.095	+ 0.026

$a = 0.00924$ $b = 0.0231$ $\eta = 0.000097$ $\zeta_1 = 0.000014.$

Tabell XX.

	Luft		Kolsyra		Vätgas	
	η	ζ_1	η	ζ_1	η	ζ
Rör *A*	0.000189	0.0000081	0.000152	0.0000049	0.000096	0.000
Rör *B*	0.000182	0.0000096	0.000149	0.0000060	0.000099	0.000
Rör *C*	0.000187	0.0000095	0.000146	0.0000052	0.000094	0.000
Rör *C*, förk. .	0.000184	0.0000085	0.000148	0.0000052	0.000097	0.000
Rör *C* förk. och försilfr. . . .	0.000184	0.0000069	0.000150	0.0000044	0.000097	0.000

Såsom synes af tabellen inverkar försilfringen blott på glidningen. Tager jag därför medelvärdet af alla fem värdena för η, men af de fyra första för ζ_1, så finner jag

Luft		Kolsyra		Vätgas	
η	ζ_1	η	ζ_1	η	ζ_1
0.000185	0.0000089	0.000149	0.0000053	0.000097	0.000018

Härmed sammanställer jag åtskilliga värden på η vid 15° som förut hafva erhållits.

		Luft	Kolsyra	Vätgas
genom transpirationsbestämningar	Meyer [1]	0.000184	0.000160	0.00011
	Puluj [2]	0.000185		
	Obermayer [2]	0.000178	0.000146	0.000089
	Warburg [2]	0.000184		0.000090
	„	0.000185		
	Breitenbach [2]	0.000181	0.000146	0.000098
genom svängningsförsök	Kundt och Warburg [2]	0.000189	0.000152	0.000092
	Puluj [3]			0.000093

Häraf framgår, att öfverensstämmelsen mellan mina värden på η och föregående bestämningar är åtminstone för luft

[1] l. c. sid. 3.

[2] l. c. sid. 4.

[3] Puluj, Wiener Sitzungsber. 1876 2 Abth. Bd 73 p. 589.

och kolsyra fullt tillfredsställande. För vätgasen synas mina värden vara något för höga. Detta kan bero på svårigheten att få vätgasen fullt ren, ty den är synnerligen känslig för alla föroreningar.

Öfver glidningen föreligga förut KUNDT och WARBURGS[1] undersökningar, ur hvilka MEYER[2] har beräknat glidningen ζ_1

Luft	Kolsyra	Vätgas
0.000010	0.0000065	0.0000186

WARBURG[1] har bestämt glidningen för luft vid ett medeltryck af 37.5 mm. och ett af honom beräknadt tryck (p) (se sid. 5) af 33.8 mm. till 0.0017 mm. samt vid ett medeltryck af 43 mm. och ett tryck (p) af 39 mm. till 0.0016 mm., och för vätgas vid ett medeltryck af 39.4 och ett tryck (p) af 35.5 till 0.0033 mm. Beräknar man härur ζ_1 med användande af trycken (p) så finner man

Luft	Vätgas
0.0000076	0.000015
0.0000082	

Skulle man i stället räkna med medeltrycken, får man

Luft	Vätgas
0.0000084	0.000017
0.0000090	

Dessa senare värden öfverensstämma bättre såväl med de af mig funna som med Kundt och Warburgs.

Naturligtvis äro försöksfelen vid bestämningarna af dessa kvantiteter ganska stora, så att man ej kan vänta alldeles sammanstämmande värden. Emellertid är öfverensstämmelsen så stor, att man måste anse, att det varit berättigadt att använda de uppställda formlerna vid ifrågavarande tryck.

[1] l. c. sid. 4.

[2] MEYER, Die Kinetische Theorie der Gase. Zweite Hälfte p. 212.

Däremot hafva vi vid de lägsta trycken en tydlig afvikelse mellan de observerade och beräknade värdena på K. Transpirationen försiggår hastigare, än hvad teorien fordrar. Men då man kommer ned till värden på trycken, vid hvilka medelväglängden för en gasmolekyl blir jämförlig med, eller större än rörets radie, är det tydligt, att den inre friktionen i viss mån förlorar sin verkan, i det att stötarna molekylerna emellan blifva allt sällsyntare. Man kan därför icke draga den slutsatsen, att η vid dessa tryck i och för sig förlorat sin egenskap att vara oberoende af trycket, utan endast, att försöksbetingelserna varit sådana, att friktionen ej kunnat komma till sin rätt. Hade rören varit vidare och längre, hade lagen troligen gällt för lägre tryck än nu är fallet. Att denna förklaringsgrund är den troligaste, bestyrkes af den omständigheten att afvikelserna inträda senare för det vidare rör A än för de andra.

Vid de allra sista värdena, då trycket å ena sidan knappast var mätbart och å den andra uppgick till ett värde af omkring 0.2 — 0.3 mm. visade det sig att K blir i det närmaste omvändt proportionellt mot medeltrycket d. v. s. $K(P_1 + P_2)$ blir konstant. Kallar man $K(P_1 + P_2)$ för K_1, så får man

$$K_1 = \frac{W_1}{t} \log \frac{P_1 - P_2}{p_1 - p_2}$$

Kunde man antaga, att man i detta fall skulle ha lof att i formel V försumma den inre friktionen i förhållande till den yttre skulle man få

$$\frac{\pi R^3 \zeta_1}{2\eta\lambda} \cdot \frac{760}{\frac{P_1 + P_2}{2}} = \frac{W_1}{t(P_1 + P_2)} \frac{\rho g M}{10} \log \frac{P_1 - P_2}{p_1 - p_2}$$

hvaraf följer

$$K_1 = \frac{\pi R^3 \zeta_1 76 \rho g M}{\eta\lambda} = \frac{\pi R^3 76 \rho g M}{\lambda . \varepsilon_1}$$

då ε_1 är koefficienten för den yttre friktionen vid 76 cm. tryck

$$\varepsilon_1 = \tfrac{1}{4}\beta\rho_1\Omega$$

Vidare är $76\rho_1 g$ = trycket af en atmosfär = $\frac{\pi}{8}\rho\Omega^2$. Införes dessa värden så finner man

$$K_1 = \frac{\pi^2 R^3 M\Omega}{2\lambda\beta} \qquad \text{(VII)}$$

K_1 skall således vara proportionell mot R^3, omvändt proportionell mot λ samt dessutom proportionell mot Ω, då β, som jag senare skall visa, är i det närmaste lika för de olika gaserna. Att detta åtminstone tillnärmelsevis äger rum framgår af tabell XXI. Första afdelningen af tabellen innehåller de ur experimentet beräknade värdena på K_1, den andra desamma med luftens värde på K_1, satt som enhet, den tredje $\frac{\lambda K_1}{R^3}$. Vid beräkningen af K_1 är temperaturkorrektionen till 15° icke införd.

Tabell XXI.

	K_1						$\frac{\lambda K_1}{R^3}$		
	Luft	Kolsyra	Vätgas	Luft	Kolsyra	Vätgas	Luft	Kolsyra	Vätgas
Rör *A*	0.100	0.088	0.36	1	0.88	3.6	8.3×10^4	7.3×10^4	3.0×10^5
Rör *B*	0.0064	0.0052	0.024	1	0.81	3.7	8.2×10^4	6.5×10^4	3.1×10^5
Rör *C*	0.014	0.0115	0.050	1	0.82	3.6	8.8×10^4	7.2×10^4	3.1×10^5
Rör *C* förkortadt . .	0.018	0.015	0.067	1	0.83	3.7	8.0×10^4	6.7×10^4	3.0×10^5
Rör *C* förk. o. försilfr.	0.016	0.013	0.056	1	0.81	3.5	7.3×10^4	5.8×10^4	2.5×10^5

Värdena på Ω äro 44700, 36100, 169400 $\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$ för luft, kolsyra och vätgas. Sättes värdet för luft = 1, så får man för kolsyra 0.808 och för vätgas 3.79. Här är öfverensstämmelsen med de funna värdena ganska tydlig. Mindre god blir den, om jag beräknar $\frac{K_1\lambda}{R^3}$ efter formel VII och därmed jämför de

nyss funna värdena. Härtill fordras, att jag skall känna β. Då jag emellertid har

$$\eta = 0.30967\,\rho L\Omega \text{ och } \zeta_1 = \frac{4}{\beta}\,0{,}30967\,L$$

så kan jag beräkna L ur den första och därmed β ur den andra af ekvationerna med de förut funna värdena på η och ζ_1. Härvid är att iakttaga att värdena äro beräknade vid 1 atmosfärs tryck, men vid 15° temperatur, På ρ införas därför värdena för luft 0.001293, kolsyra 0.001965, vätgas 0.0000895, men däremot skola de förut angifna värdena på Ω multipliceras med $\sqrt{1+\alpha 15}$. Man finner

	Luft cm.	Kolsyra cm.	Vätgas cm.
L	0.0000101	0.0000066	0.0000201
β	1.40	1.54	1.38

samt för det försilfrade röret β_1 för luft 1.81, för kolsyra 1.86 samt för vätgas 1.78.

Detta visar, att β för de olika gaserna är någorlunda lika, att således glidningskoefficienten är i det närmaste proportionell mot väglängden, ett resultat, som äfven Kundt och Warburg funnit.

Beräknar jag med de funna värdena på β (och på β_1), $\frac{\pi^2 M\Omega\sqrt{1+\alpha 15}}{2\beta}$ så finner jag

	Luft	Kolsyra	Vätgas
$\frac{\pi^2 M\Omega\sqrt{1+\alpha 15}}{2\beta}$	7.0×10^4	5.2×10^4	2.7×10^5
$\frac{\pi^2 M\Omega\sqrt{1+\alpha 15}}{2\beta_1}$	5.4×10^4	4.3×10^4	2.1×10^5

Samtliga värden äro lägre än de funna värdena på $\frac{\lambda K}{R^3}$. Detta tyder på, att förtunningen troligen ej varit tillräckligt stor,

för att den inre friktionen alldeles skulle ha förlorat sin verkan. Hade jag kunnat taga någorlunda noggranna värden vid ännu lägre tryck, skulle troligen K_1 långsamt sjunkit något i värde. Vätgasen som har den längsta väglängden, och således det största värdet på ζ_1 närmar sig också mest det teoretiska värdet.

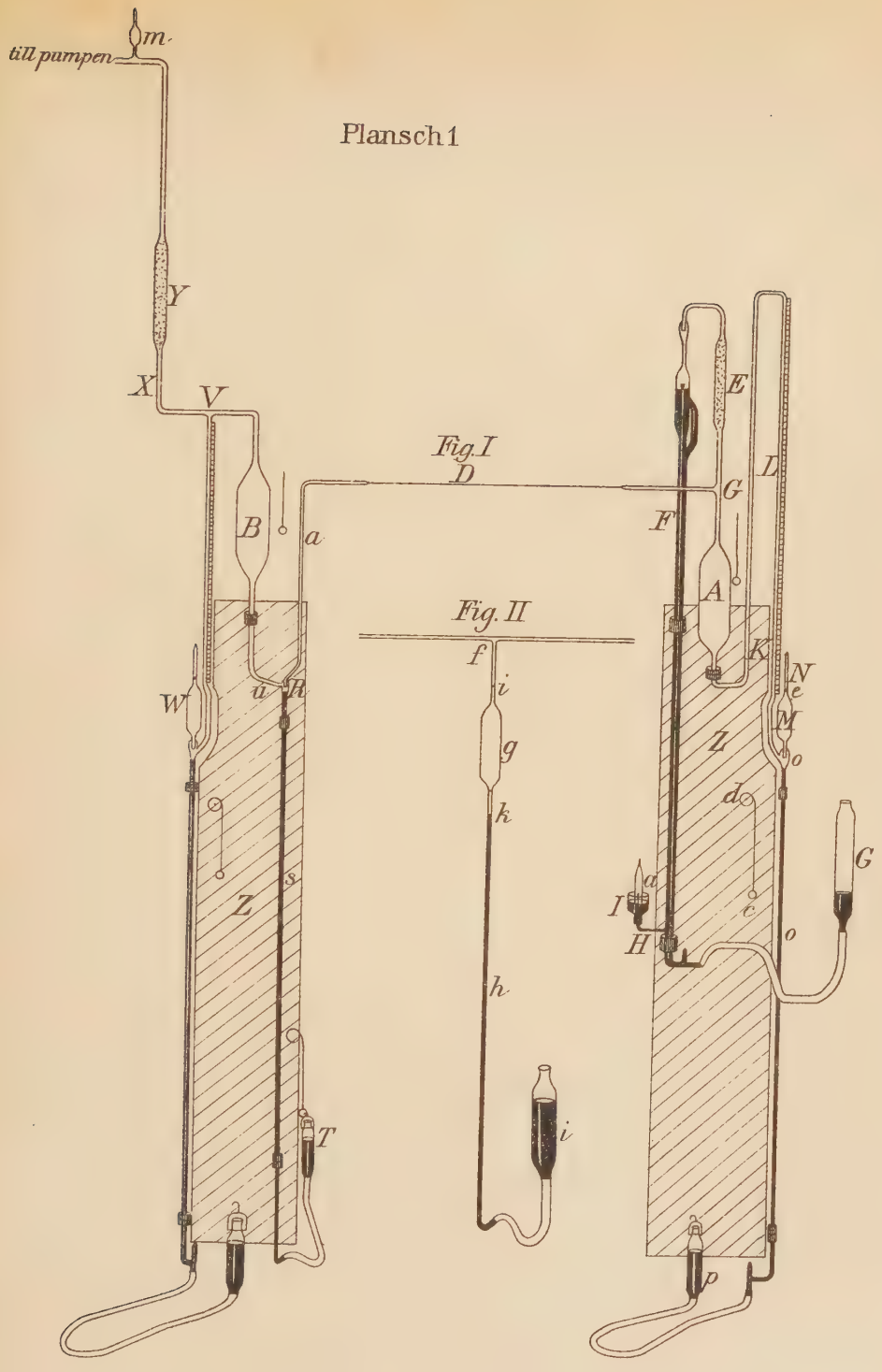
Vid en undersökning af det logaritmiska dekrementet hos ett vertikalt svängande glimmerblad, hvarvid glidningen icke inverkar i samma grad som vid den Maxwellska metoden, har Crookes[1] funnit, att det logaritmiska dekrementet och således äfven η är i det närmaste konstant ned till ett tryck af omkring 0.5 mm., men därefter hastigt aftager. Han drager däraf den slutsatsen, att gasen då inträder i ett annat tillstånd, som han kallar det ultragasformiga. Han anför visserligen själf som förklaring häröfver, att när medelväglängden hos gasen blir af samma storhetsordning som den apparats dimensioner, hvari den inneslutes, så kunna de vanliga gaslagarna ej gälla, då dessa förutsätta att molekylerna röra sig hastigt i korta banor mellan ett nästan oändligt antal sammanstötningar, hvilket ju ej kan äga rum i detta fall. Emellertid innebär detta att gasens öfvergång till ultra-gasformigt tillstånd är beroende på kärlets dimensioner, och ej en för gasen specifik egenskap, som inträder vid ett visst bestämdt tryck, hvarför det förefaller tämligen onödigt att införa detta begrepp. För öfrigt har Crookes mätt trycket med en M'Leodsapparat, således antagit att såväl gasen som "ultragasen" lyder Mariotteska lagen, hvilket ju är en af gastillståndets mest karakteristiska egenskaper.

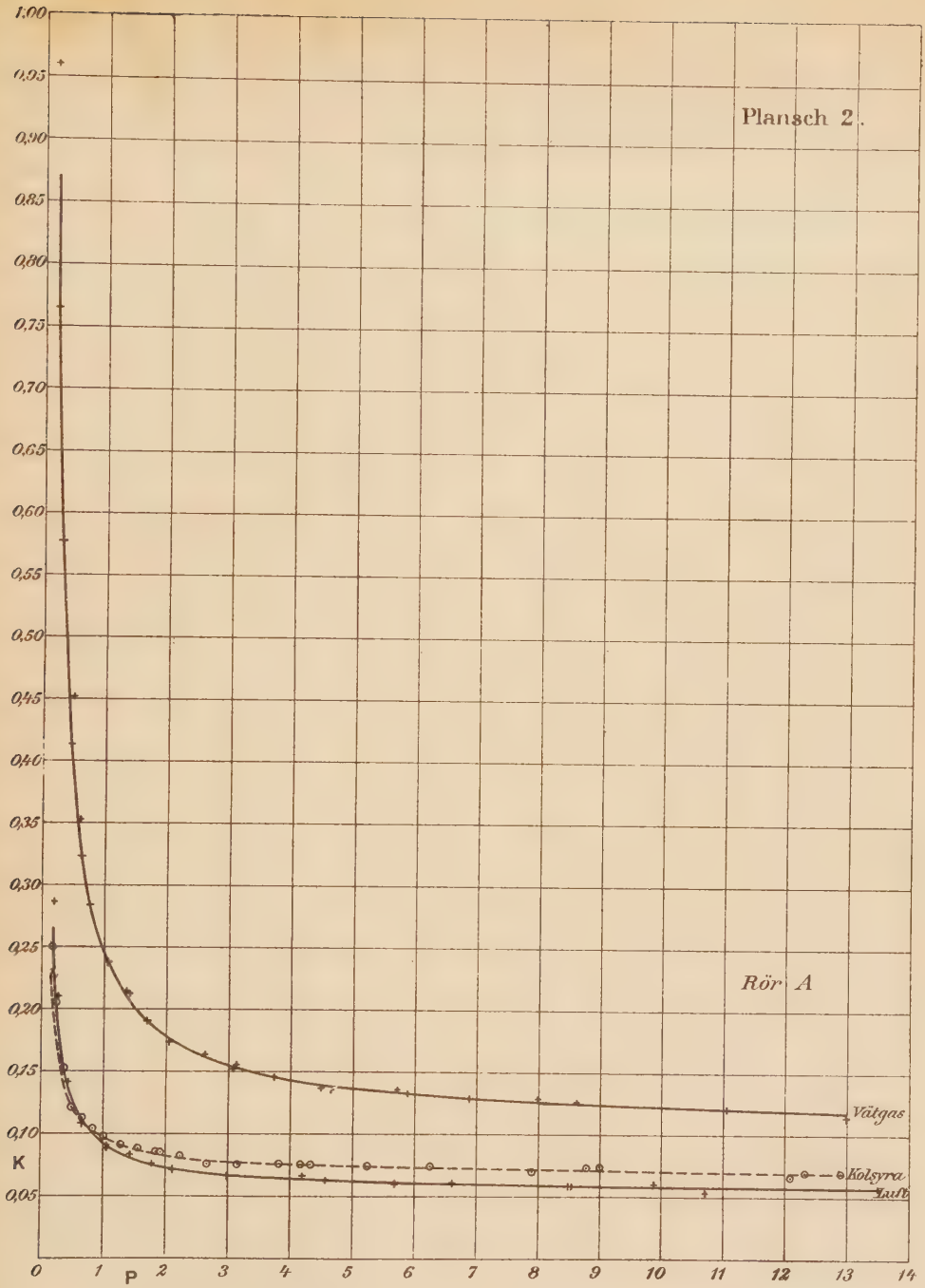
Af mina undersökningar synes framgå, att gasen, såsom man enligt Sutherland hade att vänta, icke företer någon ändring i egenskaper vid stor förtunning. Jag har ej kunnat konstatera någon afvikelse från Mariotteska lagen, och den

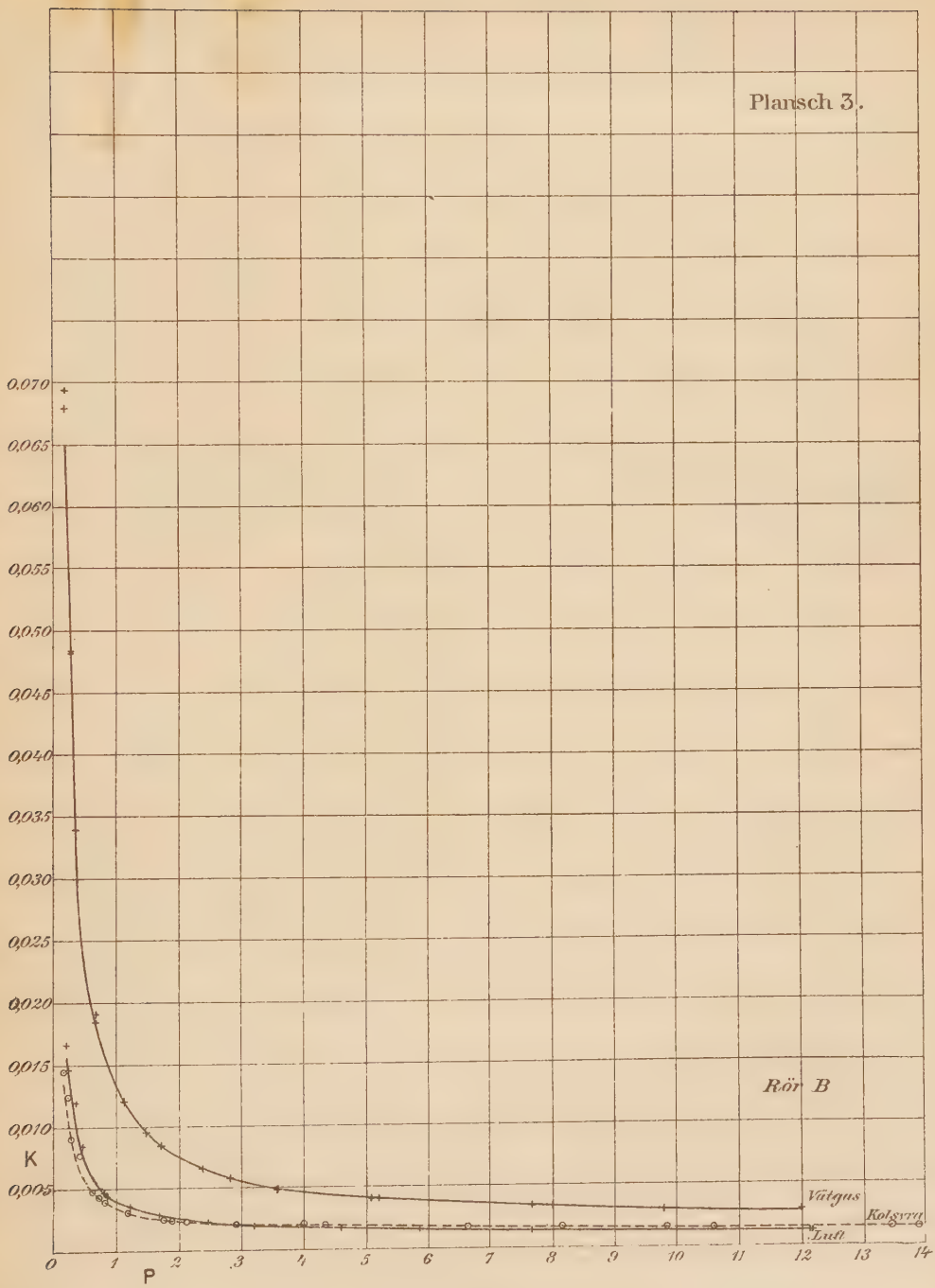
[1] Crookes, Phil. Transact. 1881 Vol. 172 p. 387.

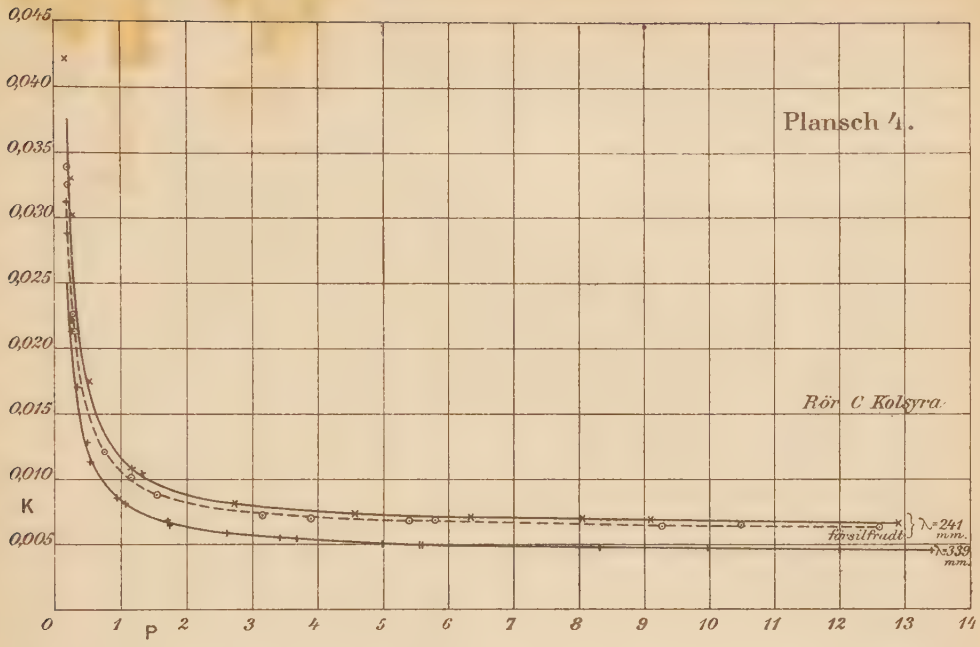
omständigheten att K_1 vid yttersta förtunning är proportionell mot Ω, tyckes äfven visa, att gasens medelhastighet förblir densamma. Öfver hufvud taget synes gasens transpiration ända ner till lägsta tryck kunna nöjaktigt förklaras ur den kinetiska gasteorien.

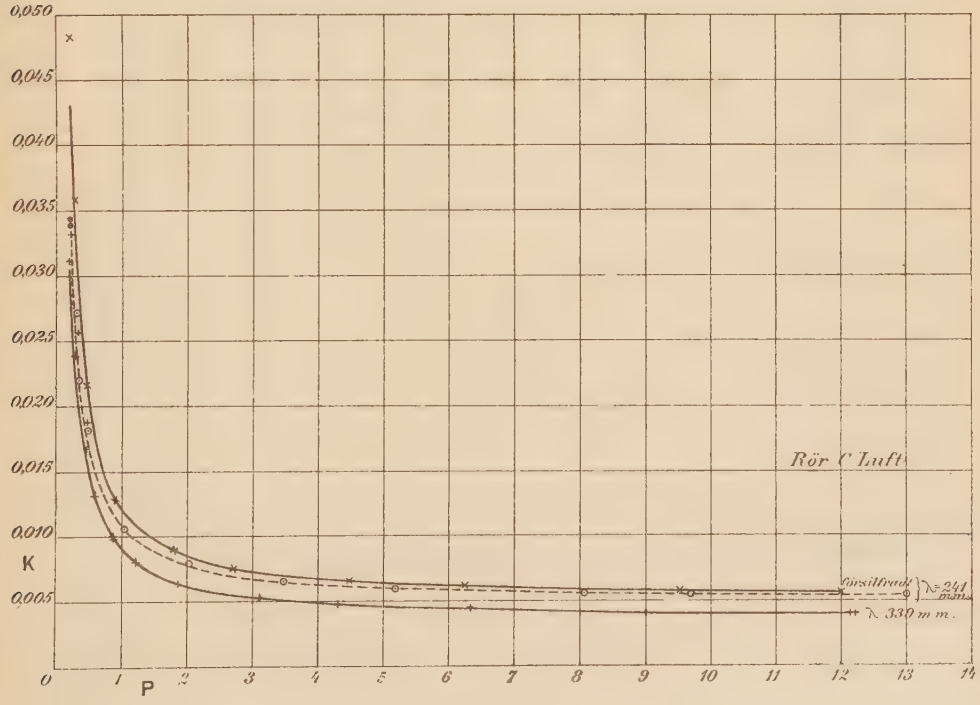
Plansch 1

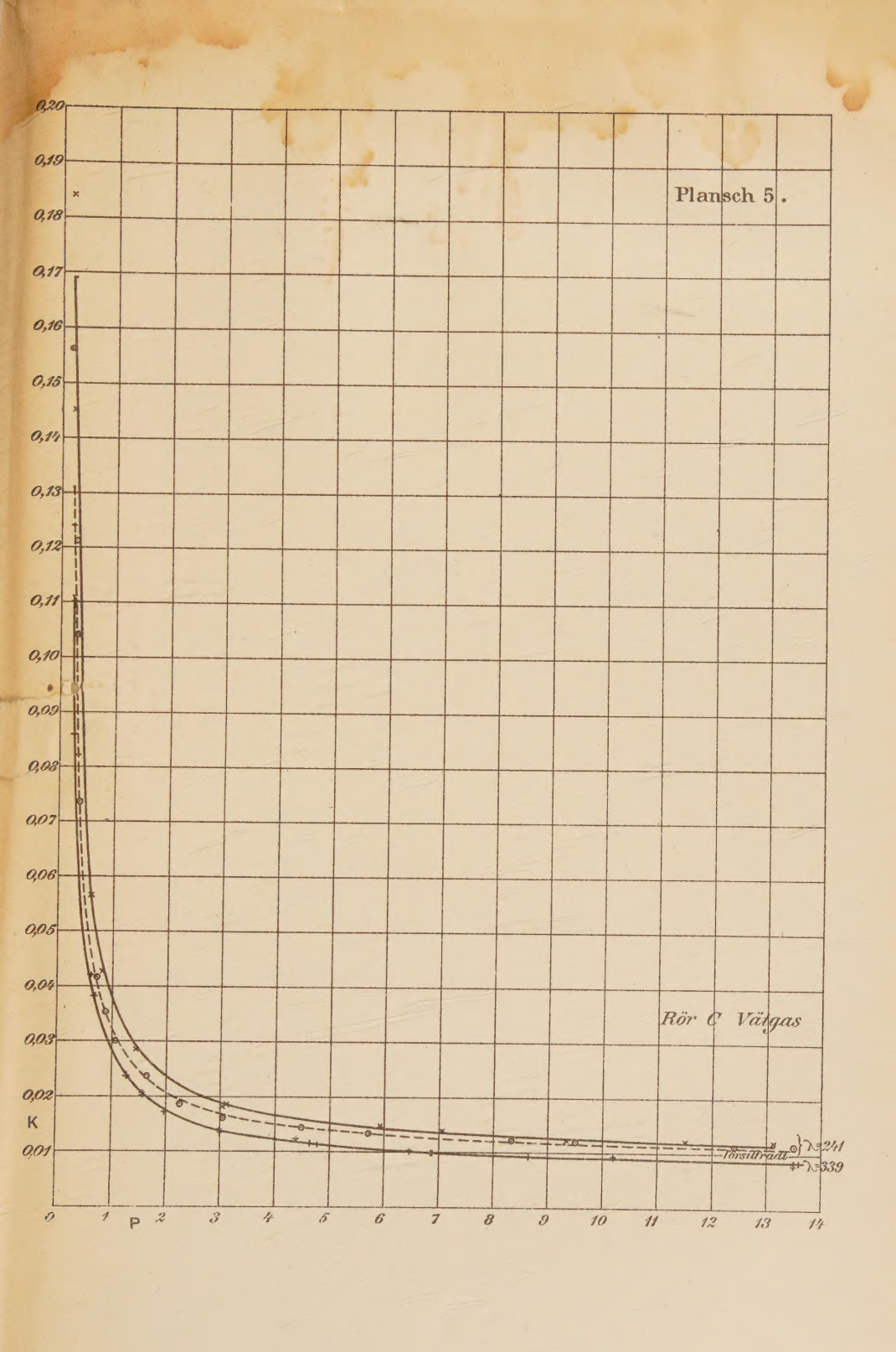

till pumpen
m
Y
X
V
B
a
W
R
Z
s
T
Fig. I
D
Fig. II
f
i
g
k
h
i
E
L
G
F
A
K
N
e
M
o
Z
d
G
I
c
H
o
p


Plansch 2.
Rör A
Vätgas
Kolsyra
Luft
K
P
1,00
0,95
0,90
0,85
0,80
0,75
0,70
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14


Plansch 3.
0,070
0,065
0,060
0,055
0,050
0,045
0,040
0,035
0,030
0,025
0,020
0,015
0,010
0,005
K
Rör B
Vätgas
Kolgyrr
Luft
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
P


Plansch 1.
Rör C Kolsyra
försilfrudt
λ=241 mm.
λ=339 mm.
K
P
0,045
0,040
0,035
0,030
0,025
0,020
0,015
0,010
0,005
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14


Rör C Luft
försilfrudt
λ=241 mm.
λ 330 m m.
K
P
0,050
0,045
0,040
0,035
0,030
0,025
0,020
0,015
0,010
0,005
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14


Plansch 5.
Rör C Välgas
0,20
0,19
0,18
0,17
0,16
0,15
0,14
0,13
0,12
0,11
0,10
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
K
0
1
P
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
Insättrör
λ=241
λ=339